

34



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

**“CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES (EMPRESAS E  
INSTITUCIONES DE PRODUCCIÓN Y DE SERVICIOS).  
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMATIVIDAD  
VIGENTE Y ANTERIOR EN MATERIA DE DESCARGAS DE  
AGUAS RESIDUALES”.**

## **TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA:

ANA LETICIA RODRÍGUEZ PEÑA

ASESOR

ING. JUAN RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



SECRETARÍA NACIONAL  
DE EDUCACIÓN  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de  
Producción y de Servicios). Análisis comparativo de la  
normatividad vigente y anterior en materia de descargas  
de aguas residuales.

que presenta la pasante: Ana Leticia Rodríguez Peña

con número de cuenta: 955547-4 para obtener el título de:  
Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de agosto de 2000

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I	Ing. Juan de la Cruz Hernández Camacho	
II	Ing. Juan Rafael Paribay Ferrández	
III	Ing. ...	

## **A g r a d e c i m i e n t o s**

**Agradezco infinitamente por todo a mis padres y a la Sra. Marta Etl.**

**También, por su apoyo:**

**A mis hermanas: Nadia y Karol.**

**A Roger por su ayuda.**

**A Lary por ser mi brazo derecho.**

**A los lindos: Kay y July.**

**A mis amigas: Julia, Elena y Susana.**

**Gracias, por la revisión de este trabajo de seminario al Ing. Rafael Garibay Bermúdez.**

**A la U.N.A.M. y a la F.E.S.- Cuautitlán, por haberme formado profesionalmente.**

<b>Indice</b>	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>I Legislación Ambiental de México.</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Legislación.</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Legislación para el control de la contaminación.</b>	<b>5</b>
1.2.1 Ley Federal de Aguas.	
1.2.2 Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.	<b>6</b>
1.2.3 Ley Federal para la Protección del Ambiente.	
1.2.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	
1.2.5 Normas Técnicas Ecológicas.	<b>7</b>
1.2.6 Criterios ecológicos.	<b>8</b>
1.2.7 Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.	
1.2.8 Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental.	<b>9</b>
<b>1.3 Coordinación Institucional de la Política.</b>	<b>10</b>
<b>II. Contaminación del agua.</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Ciclo del agua.</b>	
<b>2.2 Aguas residuales.</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Los principales contaminantes del agua.</b>	<b>15</b>
<b>III. Contaminantes en las descargas de aguas residuales.</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Examen de aguas residuales.</b>	
3.1.1 Pruebas que miden o reflejan la concentración de las aguas negras.	

3.1.2 Pruebas que miden la composición de las aguas negras con respecto a las sustancias o tipo de sustancias específicas.	
3.1.3 Pruebas que miden la condición de las aguas negras y que explican el progreso de la descomposición de las sustancias químicas en las aguas residuales, efluentes y aguas receptoras.	21
3.2 Criterios de calidad del agua vigentes del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993.	
3.3 Criterios de calidad del agua vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997.	32
3.4 Criterios de calidad del agua vigentes desde el 7 de enero de 1997.	45
3.5 Criterios de calidad del agua vigentes desde el 4 de junio de 1998.	52
<b>IV. Análisis de las normas de aguas residuales que establecen los límites máximos permisibles en las descargas provenientes de industrias.</b>	<b>56</b>
4.1 Las normas técnicas ecológicas.	
4.2 Las normas oficiales mexicanas vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997.	
4.3 La norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 vigente desde el 7 de enero de 1997.	57
4.4 La norma oficial mexicana NOM-002-ECOL-1996 vigente desde el 4 de junio de 1998.	58
4.5 Calidad del agua en México.	
4.5.1 Parámetros de calidad del agua.	59
4.5.2 Industrias de alimentos.	66

4.5.3 Industrias de materiales.	69
4.5.4 Industrias químicas y farmacéuticas.	74
4.5.5 Industria textil.	79
4.6 Panorama del agua en México.	82
4.6.1 Distribución y aprovechamiento del agua en México.	
4.6.2 Extracción y usos del agua en México.	84
Conclusiones	88
Bibliografía	

## Indice de tablas

### Página

1. Tabla 3.1 Contaminantes característicos de descargas industriales. Normatividad vigente del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993. 24
2. Tabla 3.2 Sustancias tóxicas específicas. Normatividad vigente del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993. 27
3. Tabla 3.3 Metales pesados. Normatividad vigente del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993. 30
4. Tabla 3.4 Contaminantes característicos de descargas industriales. Normatividad vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997. 35
5. Tabla 3.5 Sustancias tóxicas específicas. Normatividad vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997. 39
6. Tabla 3.6 Metales pesados. Normatividad vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997. 43
7. Tabla 3.7 Contaminantes característicos de descargas industriales (NOM-001-ECOL-1996). 49

<b>8. Tabla 3.8 Sustancias tóxicas específicas industriales (NOM-001-ECOL-1996).</b>	<b>50</b>
<b>9. Tabla 3.9 Metales pesados industriales (NOM-001-ECOL-1996).</b>	<b>50</b>
<b>10. Tabla 3.10 Contaminantes característicos de descargas industriales (NOM-002-ECOL-1996).</b>	<b>53</b>
<b>11. Tabla 3.11 Sustancias tóxicas específicas (NOM-002-ECOL-1996).</b>	<b>54</b>
<b>12. Tabla 3.12 Metales pesados (NOM-002-ECOL-1996).</b>	<b>55</b>

## Introducción

Desde hace muchos años se han estudiado los efectos de la contaminación sobre el ambiente, en especial sobre los ecosistemas; sin embargo, hasta ahora se le está dando la importancia debida. Las tendencias gubernamentales del momento, tanto nacionales como internacionales, están dando un auge impresionante al control ambiental.

La apreciación de los expertos en ecología sobre las medidas de control de la contaminación es que éstas no son una política gubernamental de momento, ni que pasarán de moda con los cambios de la administración pública, sino que, por el contrario, serán una prioridad por muchos años más, hasta que se logre alcanzar un equilibrio ecológico aceptable. Dado que el deterioro del ambiente ha sido tan intenso, los ecosistemas tardarán muchos decenios e incluso en algunos casos, siglos, para alcanzar su equilibrio.

Los problemas de la contaminación representan, desde el punto de vista tecnológico y legal una complejidad superior incluso que los problemas de seguridad ocupacional, y tienen una mayor trascendencia.

Las medidas que se están adoptando en este momento son desesperadas, no se está tratando de suprimir la contaminación de un solo golpe, pues, la solución de problemas acarrea otros inconvenientes, sobre todo de tipo social, por lo que debemos buscar soluciones más integrales para resolver este tipo de conflictos. Por el momento se busca reducir la emisión de contaminantes al ambiente,

de tal forma que, poco a poco permitamos que los ecosistemas se renueven.

El control de la contaminación se está volviendo paulatinamente una prioridad en las empresas, y está alcanzando niveles insospechados. En nuestro país, la legislación ecológica es un factor de presión que ha contribuido significativamente a esta prioridad.

Para implantar sistemas anticontaminantes se requiere afectar los procesos, las materias primas, el destino final de productos y desechos, etcétera. Esto implica cambios en materias, maquinarias, estrategias de comercialización, etcétera, que no son fáciles de lograr. Menos fácil es implantarlas en el corto plazo. Un factor adicional a esto, es el hecho de que cuando una empresa, o las personas contaminan el ambiente, están afectando aquello que se encuentra más allá de los límites de nuestra responsabilidad inmediata, y por lo tanto causan un daño a terceros. Por ello, las penalizaciones son mayores, y pueden llegar hasta el cierre de la empresa e incluso a la pérdida de libertad del responsable legal de la misma. Las sanciones económicas son mayores que por otro tipo de infracciones.

En fin, la supervivencia de las empresas está amenazada si no se preocupan por cumplir la legislación ecológica.

El campo donde se han registrado mayores avances cuantitativos y cualitativos es, sin duda, el del control de las descargas de aguas residuales, al grado que se llegó a contar con 41 normas para el control de descargas en actividades específicas. Con el propósito de contener bajos índices de calidad del agua, se realizará un análisis comparativo de la normatividad vigente y anterior en materia de descargas de aguas residuales.

## **I Legislación Ambiental de México**

Se encuentra un compendio de todas las disposiciones relevantes en materia de Legislación Ambiental a nivel nacional, federal y estatal: acuerdos, convenciones, decretos, leyes, protocolos, reglamentos, tratados, organización: ((Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Marco Jurídico actual).

### **a. Normas Oficiales Mexicanas**

**Normas para el Control de la Contaminación Atmosférica**

**Normas para el Control de Residuos Peligrosos**

**Normas para el Control de la Contaminación del Agua**

**Normas para la Conservación de los Recursos Naturales**

**Normas de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental**

**Normas para el Control de Emisión del Ruido**

**Norma Hidráulica**

**Normas Oficiales de Productos Forestales**

**Normas Oficiales Mexicanas de Pesca**

### **b. Legislación Ambiental Federal**

**Ley Orgánica de la Administración Pública Federal**

**Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

**Ley Forestal**

**Ley de Pesca**

**Ley de Aguas Nacionales**

**Ley Federal del Mar**

**Ley Minera**

**Ley Federal sobre Metrología y Normalización**

**Ley de Planeación**

### **c. Legislación Ambiental Estatal**

**Leyes de Ecología en los estados**

### **d. Legislación Ambiental Internacional**

**Legislación Ambiental Internacional**

#### **1.1 Legislación**

El agua es un recurso natural de usos múltiples, por lo tanto su utilización crea derechos y obligaciones, es necesario establecer normas jurídicas para regular el uso racional de esta y evitar conflictos. De acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 27 proviene: "La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originalmente a la nación, la cual tiene y ha tenido al derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada".

El tratamiento del agua es tan importante que motivó a que se expidieran leyes tales como:

**La Ley de Aguas de Propiedad de la Nación, 1934**

**Ley de Riegos, 1946**

**Ley Federal de Ingeniería Sanitaria, 1948**

**Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 Constitucional en Materias de Aguas del Subsuelo, 1956, y su Reglamento, 1958.**

La Ley de Agua de Propiedad Nacional especifica los poderes del ejecutivo respecto al uso, distribución y concesión de las aguas de los habitantes de la República Mexicana, pero, la ley era obsoleta, se

dieron intentos para modificarla pero estos no fructificaron, lo cual orilló a que se expidieran leyes que cumplieran una función complementaria, no se cubrieron por completo los aspectos jurídicos del aprovechamiento y preservación de las Aguas Nacionales.

Al aumentar las áreas urbanas, agrícolas e industriales, se generó una demanda de mayores volúmenes de agua para sus usos respectivos, lo cual ha generado nuevos problemas que diferentes ordenamientos jurídicos no pudieron prever en la época en que fueron expedidos, por lo tanto se han expedido nuevas leyes como las que a continuación se enumerarán:

## 1.2 Legislación para el control de la contaminación

### 1.2.1 Ley Federal de Aguas.

La ley agrupa en un ordenamiento jurídico la legislación que en materia de aguas se encontraba dispersa, concordando con la nueva legislación en materia agraria, sanitaria, de contaminación y, en general, todos los ordenamientos que se relacionen con los usos de las aguas nacionales. La ley, también jerarquiza los usos del agua en nueve rubros, el primero y el segundo fue para los usos domésticos y servicios públicos urbanos.

El problema que se trató de tocar de manera específica fue el de la calidad de las aguas, se declaró de utilidad pública las obras hidráulicas destinadas a preservar las condiciones ecológicas, la prevención y control de contaminación de las aguas cualquiera que sea su régimen, así como prever daños a los recursos hidráulicos o a el equilibrio ecológico, tratando de regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas residuales, de fijar el orden de prelación para los usos del agua, dando facultades para restringir y

suspender explotaciones y proyectos además de sancionar a quienes, sin autorización, arrojen a los cauces y vasos de propiedad nacional, aguas residuales industriales.

#### 1.2.2 Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

Esta ley constituye un esfuerzo para atacar los problemas de contaminación ambiental y un cuerpo normativo con naturaleza y estructura específica para atacar directamente esos problemas. Para ser cumplir cabalmente estas obligaciones se promulgaron varios reglamentos como: Reglamento para la Prevención y Control de Contaminación de Aguas, Reglamento para la Prevención y Control de Contaminación Atmosférica originada por la emisión de humos y polvos, Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruidos.

#### 1.2.3 Ley Federal para la Protección del Ambiente.

Por la preocupación de prevenir y controlar la contaminación ambiental esta ley fue promulgada en enero de 1982, siendo la ley de protección del ambiente la que derogó esta ley, la cual consta de 13 capítulos, tratando de mejorar las normas y cubrir aspectos que no habían sido contemplados, además de fomentar la utilización de tecnología, se protega el medio ambiente, los recursos naturales sean aprovechados de manera racional y no únicamente provecho material y económico.

#### 1.2.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 reglamenta las disposiciones constitucionales dedicadas a la

preservación y restauración del equilibrio ecológico, la cual fue establecida en el parrafo tercero del articulo 27 constitucional.

Esta ley tiene la característica de ser una dualidad entre el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, la ley tiene por objeto establecer bases para:  
Definir los principios de la política ecológica general.

La presentación, restauración y mejoramiento del ambiente.

La prevención y el control de contaminación de agua, aire y suelo.

Y la concurrencia en la Materia de Gobierno Federal, Estatales y Municipales.

#### 1.2.5 Normas Técnicas Ecológicas.

La normatividad secundaria es la constituida por estas normas, las cuales son entendidas como el conjunto de reglas científicas o tecnológicas emitidas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología la cual establece los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles para prevenir que se cause o pueda causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente.

Estas normas tratan de conjuntar principios y criterios, de políticas y estrategias en materia ambiental determinando parámetros de emisión dentro de los cuales se garantizan condiciones necesarias para el bienestar de la población, y así como, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, protegiendo de esta manera el medio ambiente.

Las normas técnicas ecológicas se publicaron tres meses después de que entró en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.

Pueden darse confusiones en cuanto a la aplicación de las normas citadas anteriormente en las que se establecen límites

permisibles máximos de descargas de residuos líquidos, los cuales son vertidos en cuerpos de agua por lo tanto es pertinente hacer las siguientes aclaraciones: del artículo 123 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente se señala que:

“Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de agua residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas que para tales efectos se expidan, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales”.

#### 1.2.6 Criterios ecológicos.

A lo anteriormente dicho se debe añadir la publicación del acuerdo en el que se establecen los “Criterios ecológicos de calidad del agua” publicados en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 1989, constituyendo un marco de referencia con el cual es posible calificar los cuerpos de agua nacionales, en relación con sus distintos usos. También se establecen la calidad mínima requerida para aprovechamiento del agua al correlacionar sus características físicas, químicas y biológicas, con la existencia de organismos acuáticos, el equilibrio ecológico, además de la confiabilidad de abastecer a las poblaciones y a la industria.

Los criterios ecológicos incluyen 126 sustancias mediante su concentración en el agua es posible detectar el nivel de contaminación y, eventualmente, el origen de los contaminantes.

#### 1.2.7 Ley Federal de Derechos en Materia de Agua.

Esta ley se publicó el mes de julio de 1991, para entrar en vigor el primero de octubre del mismo año; esta ley establece disposiciones generales para el pago de derechos por el uso o aprovechamiento de

bienes del dominio público de la nación, así como recibir servicios que presta el estado en sus funciones de derecho público, exceptuando los prestamos por organismos descentralizados. También son derecho las contribuciones a cargo de organismos públicos descentralizados por presentar servicios exclusivos del Estado.

- Se establecen cuotas por servicios de trámite y expedición de asignaciones, concesiones, autorizaciones o permisos para usar o aprovechar aguas nacionales, o para descargas de aguas residuales.
- Establece cuotas por uso o aprovechamiento de aguas nacionales de conformidad con la división territorial que se determina en el artículo 231 de dicha ley. Las cuotas se establecen tomando en cuenta el uso a que se destina el recurso.
- Se establecen cuotas por el uso o goce de inmuebles como: diques, cauces, vasos, zonas de corrientes, depósitos de propiedad nacional, bienes y otros inmuebles del dominio público.<sup>2</sup>

#### 1.2.8 Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental.

A partir del decenio pasado empezó a cobrar importancia el desarrollo de un sistema normativo cuyo objetivo era el control de la contaminación. Este esfuerzo significó un avance muy importante, tanto en el aspecto de crear condiciones específicas de emisión de contaminantes hacia los diferentes medios como de dotar a la autoridad ambiental de un mecanismo de regulación simultánea para un gran número de agentes productivos.

Las Normas Técnicas Ecológicas (NTE), se analizaron minuciosamente bajo los lineamientos de la Ley Federal de Metrología y Normalización, para conocer sus efectos económicos y técnicos. Y después se convirtieron en Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

El tipo y número de normas existentes es considerable y deben continuar desarrollándose para llenar vacíos que persisten bajo la perspectiva de incluir aspectos ambientales de la operación de las empresas que pueden ser objeto de regulación con criterios de costo/efectividad.

En general, puede decirse que la elaboración de un número considerable de normas aplicables a la industria ha constituido, sin duda, uno de los avances más importantes de la política regulatoria ambiental del país. Se han enfrentado los problemas específicos prioritarios impulsando la adaptación a las circunstancias mexicanas de la mejor tecnología de control postproductivo disponible. Así mismo, la difusión de NOM entre los agentes normados y la vigilancia de su cumplimiento han tenido un impacto significativo en la conducta de muchas empresas industriales.

### 1.3 Coordinación Institucional de la Política

La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP se creó con el fin de organizar en una sola dependencia federal todas las políticas, programas y recursos fiscales en materia ambiental. Su objetivo principal es promover la transición hacia el desarrollo sustentable frenando los procesos de deterioro ambiental. Semarnap es la máxima autoridad ambiental con todas las atribuciones para proteger, conservar, regular, promover los recursos, bienes y servicios ambientales en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales incluyendo la participación de particulares.

Al momento de su creación en 1994, México reportaba grandes tendencias de deterioro especialmente en lo que tiene que ver con la contaminación de las principales cuencas hidrológicas y severos problemas de contaminación en las grandes ciudades.

Para lograr una mayor cooperación y una mejor distribución de funciones las estrategias y programas de la Semarnap se orientaron a impulsar la integración entre los gobiernos internos a través de la descentralización. El proceso de descentralización se tomó como una estrategia que permita un mejor trabajo entre las autoridades y la comunidad para atender más de cerca las iniciativas y preocupaciones ciudadanas. Asimismo como mecanismo que ayude a compartir decisiones entre las autoridades estatales y los sectores productivos, científicos y locales.

## II. Contaminación del agua

Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) han reportado que cada año mueren unos 15 millones de niños por la escasez y mala calidad del agua, de acuerdo a estos informes probablemente el problema más serio de contaminación del planeta lo constituye la contaminación del agua.

El agua es la principal fuente de vida para todos los seres vivos de la Tierra.

La vida empezó en el agua, y su importancia es decisiva, tanto en el medio físico como en el medio biológico. En el medio físico, el vapor del agua absorbe las radiaciones caloríficas emitidas por la Tierra, manteniendo la temperatura que hace posible la vida y el equilibrio de humedad de los continentes. Como líquido, el agua erosiona y modela la superficie terrestre, transporta y concentra minerales y modera su clima. Como sólido, crea suelo nuevo al helarse el agua infiltrada en las rocas, pulverizándolas por efecto de la expansión.

### 2.1 El ciclo del agua

La contaminación del agua produce serias alteraciones en el ciclo del agua, y esto nos lleva a una situación muy peligrosa. El mar contiene aproximadamente el 97% del agua del planeta. El calor provoca que se evapore el agua formando las nubes, las cuales son arrastradas por el viento hacia los continentes. El agua en forma de nube disminuye su temperatura y se condensa, regresando a su estado líquido, que por efecto de la gravedad se precipita hacia la superficie

en forma de lluvia. Al caer sobre la superficie, una parte es arrastrada hacia los mares, por el declive de la superficie de la Tierra, formando ríos. Otra parte se acumula en depresiones formando lagunas, y otra parte de ella se filtra hacia el subsuelo formando los mantos acuíferos subterráneos. Durante su trayecto hacia el mar el agua arrastra toda clase de sustancias y minerales así como desechos.

Cuando la cantidad de desechos es muy importante, o bien, los tipos de desechos no son fácilmente degradables por el propio proceso del agua, éstos se acumulan y ocasionan cambios en las características físicas, químicas y biológicas del agua. Esto tiene como efecto que disminuya la cantidad de agua que se evapora, y por lo tanto, se decrementen los volúmenes de agua disponible para su aprovechamiento por los seres vivos. El crecimiento de las ciudades y de los procesos industriales genera una demanda mayor de agua para su utilización, lo cual provoca que el hombre desvíe artificialmente los ríos, explote de manera irracional los pozos subterráneos y por si fuera poco los utilice como destino final de sus desechos.

El agua sirve como medio de vida a una cantidad infinita de seres vivos, algunos han perdido su hábitat por la contaminación. Con ello, gran cantidad de ecosistemas están siendo afectados y las especies se encuentran en peligro de extinción. El daño que se ha ocasionado a ríos y lagunas es casi irreversible y en muchos casos, se requerirán cientos de años para que logren ser rescatados. En México las 31 cuencas hidrológicas más importantes reciben el 90% de las aguas residuales.

## 2.2 Aguas residuales

La calidad del agua se define de acuerdo con un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos. Los principales parámetros físicos son sólidos totales en suspensión, temperatura, color, conductividad, etcétera. Los parámetros químicos son: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos. Los parámetros biológicos están constituidos por los microorganismos que viven en el agua.

Se denominan aguas residuales a todas aquellas que, después de haber sido utilizadas, se arrojan al ambiente. Las principales fuentes de aguas residuales son:

*Aguas de origen agrícola:* contienen principalmente residuos de excremento, orina, sales, abonos, pesticidas y residuos de sustancias químicas.

*Aguas de origen doméstico:* contienen excrementos humanos, basuras, papeles, productos de limpieza, jabones y detergentes; asimismo, gran cantidad de microorganismos causantes de enfermedades.

*Aguas pluviales:* recogen todo lo que encuentran a su paso, por lo que pueden contener gran cantidad de sustancias, en especial residuos de basuras que se arrojan sobre la superficie terrestre.

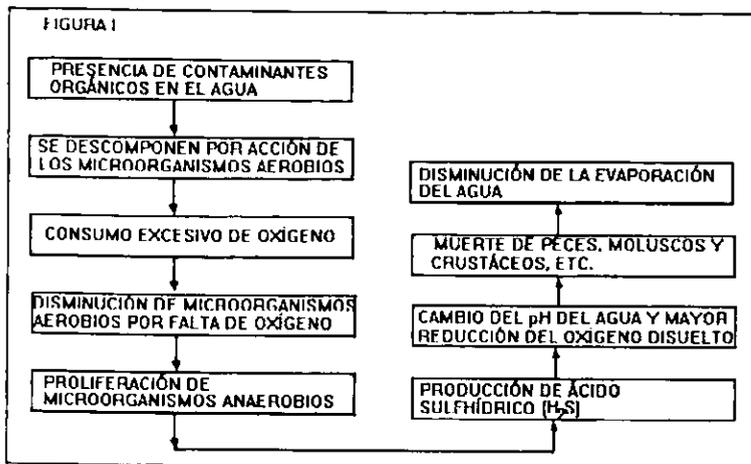
*Aguas industriales:* contienen una variedad impresionante de sustancias químicas, la mayoría muy tóxicas y en cantidades muy grandes, tanto, que los residuos de una sola industria pueden ser mayores que el total de los residuos de una comunidad completa.

### 2.3 Los principales contaminantes del agua

Los principales contaminantes del agua pueden ser físicos, químicos o biológicos.

Los contaminantes físicos están formados por todos los desechos sólidos que arrojamamos al agua y que no pueden ser disueltos. Por ejemplo: envases de plástico, metal, etcétera.

Entre las sustancias químicas, un grupo muy importante lo constituyen los compuestos orgánicos. Se le denominan orgánicos porque son los que constituyen la materia de los seres vivos. Estos compuestos existen en la naturaleza y están formados por carbono. Pero el hombre ha creado muchos compuestos orgánicos artificialmente, y dado que no existen en la naturaleza por sí mismos muchos de ellos no son degradables. Los contaminantes orgánicos más frecuentes son papeles, excrementos, detergentes y residuos vegetales. Aquellos contaminantes orgánicos que sí se pueden degradar, son utilizados por los microorganismos como alimento, sin embargo esto también ocasiona que el número de microorganismos del agua aumente, y a su vez, utilicen mayor cantidad del oxígeno disuelto. Estos microorganismos que requieren oxígeno se denominan aerobios. Esto hace que el oxígeno se agote y muchos microorganismos mueran por falta de éste. Pero también existen organismos que no requieren oxígeno para vivir, y se denominan anaerobios. Al morir los aerobios proliferan los anaerobios. Éstos, debido a su metabolismo, desechan sulfuro de hidrógeno, que es el responsable del olor desagradable de las aguas contaminadas (véase figura 1).



El consumo del oxígeno disuelto en el agua no solamente afecta a los microorganismos sino también a otros seres vivos, vegetales y animales que pueden morir por no contar con el oxígeno suficiente. El oxígeno consumido por los microorganismos en el agua es un indicador de contaminación, al que se le denomina demanda biológica de oxígeno, y se estima que en México se consumen 2 400 000 toneladas de oxígeno al año. Cuando la demanda biológica de oxígeno es menor que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, el ecosistema tiende a regenerarse.

Otro efecto importante es la presencia de sustancias químicas en el agua. Estas tienden a combinarse también con el oxígeno disuelto para formar otro tipo de compuestos en un esfuerzo por neutralizar su toxicidad. Este proceso se denomina oxidación. Lógicamente, al combinarse, agotan el oxígeno disuelto. Éste es también un indicador de contaminación, y se llama demanda bioquímica de oxígeno. El nombre de bioquímica obedece a que las sustancias que se oxidan son compuestos orgánicos.

De tal forma que el oxígeno del agua se agota por la presencia de microorganismos y sustancias químicas. El agua que pierde su oxígeno no puede evaporarse, o bien, deja de ser agua, pues queda solamente hidrógeno. Esto afecta seriamente el ciclo del agua, y disminuye paulatinamente el volumen de agua disponible para los seres vivos, independientemente de que ocasiona la muerte de aquellos que viven en ella. Esto es una conducta totalmente irresponsable.

El problema de la contaminación por sustancias químicas no termina aquí. Al arrojar al agua sustancias como detergentes y fertilizantes enriquecemos el contenido de nitrógeno y fósforo del agua, ya que estos agentes lo contienen en grandes cantidades. Entre los organismos que viven en el agua se encuentran algunos vegetales como las algas, las cuales normalmente reciben de su ambiente la cantidad de nitrógeno y fósforo que requieren. Pero, al enriquecer el agua con estas sustancias se provoca una proliferación excesiva de algas que, al morir, producen mayor cantidad de materia orgánica muerta, que también consumen los microorganismos, con lo cual, aumenta la demanda biológica de oxígeno. Para darnos una idea del tamaño del problema basta decir que la tercera parte de la producción mundial de fósforo se utiliza para producir agentes suavizantes de los detergentes.

También arrojamos al agua gran cantidad de minerales inorgánicos los cuales provocan que el agua se vuelva salina y dura (por el aumento del contenido de carbonato del calcio en el agua).

Entre los contaminantes químicos especiales, arrojados en su mayoría por las industrias, encontramos los metales pesados (como mercurio, plomo, cobre, cobalto, cromo, hierro, etcétera), los

pesticidas (muchos de los cuales se forman al combinar metales con moléculas orgánicas) y gran cantidad de derivados semisintéticos y sintéticos de hidrocarburos.

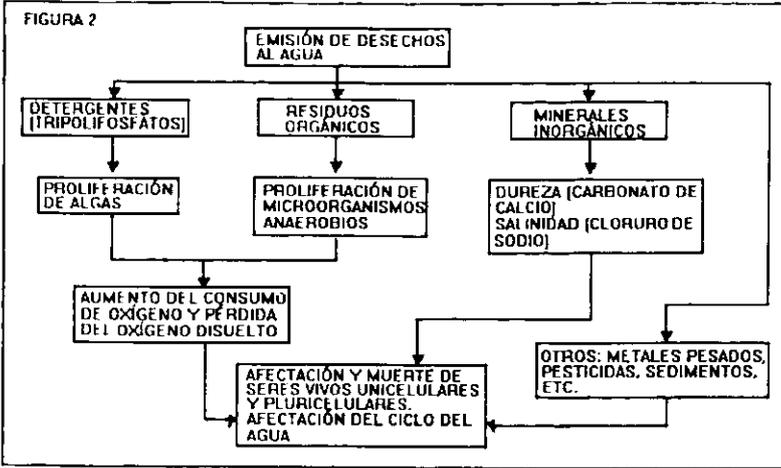
Entre los contaminantes biológicos más importantes tenemos a los llamados coliformes fecales, microorganismos que habitan en el intestino del hombre, que pueden causar verdaderas epidemias cuando se combinan con aguas residuales con fuentes de agua potable.

Otros cambios importantes que afectan al agua son la radiactividad (en el caso de las minas de uranio, o de centrales nucleoelectricas que arrojan sus desechos) y el aumento de la temperatura (por los mismos procesos industriales).

Por último, otra forma de contaminación del agua consiste en arrojar sustancias con un pH distinto, y modificar el pH del agua, volviéndola más ácida o más alcalina de lo que soportan los seres vivos que habitan en ella (véase figura 2).

En fin, contaminación es cualquier cambio que se introduzca en el agua, que al modificar sus características le impida recuperar su equilibrio, y provoque un daño a todos los que dependemos de ella.

FIGURA 2



### **III Contaminantes en las descargas de aguas residuales**

#### **3.1 Examen de aguas residuales**

En general, las pruebas incluidas en el análisis de aguas negras o crudas, efluentes de planta de tratamiento y aguas contaminadas, están dentro de alguna de las siguientes categorías que se superponen en mayor o menor grado:

**3.1.1 Pruebas que miden o reflejan la concentración de las aguas negras:**

a) Pruebas para materia sólida en sus varios estados; de aquí la ofensividad de las aguas negras al sentido de la vista - sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, grasa, y en el caso de efluentes de plantas, turbidez.

b) Pruebas para materia orgánica y, en vista de la putrescibilidad de la materia orgánica, para la ofensividad potencial de las aguas residuales al sentido del olfato - componentes volátiles de los sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfuros, nitrógeno orgánico, olor, surfactantes y grasa. En conjunto, estas pruebas miden o reflejan la concentración de las aguas negras en relación con los sólidos y materia orgánica.

**3.1.2 Pruebas que miden la composición de las aguas negras con respecto a las sustancias o tipo de sustancias específicas, además de las incluidas en el párrafo precedente:**

a) Pruebas para las diversas formas de nitrógeno-amoniaco, orgánico (Kjeldahl), nitritos y nitratos.

b) Pruebas para fosfatos y otras sustancias fertilizantes.

- c) Pruebas para oxígeno disuelto, cloruro, sulfuros, acidez y alcalinidad.
- d) Pruebas para radiactividad y sustancias radiactivas.
- e) Bioensayos para residuos tóxicos agudos.

3.1.3 Pruebas que miden la condición de las aguas negras y que explican el progreso de la descomposición de las sustancias orgánicas en las aguas residuales, efluentes y aguas receptoras:

- a) Pruebas físicas, químicas y bioquímicas, OD, DBO, DQO, sulfuros, olor, nitrógeno en sus diversas formas, valor del pH, y temperatura.
- b) Pruebas biológicas - crecimiento de indicadores microscópicos y macroscópicos de contaminación y bacterias (incluyendo organismos coliformes).

### 3.2 Criterios de calidad del agua vigentes del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993

Los criterios de calidad del agua aplicados hasta el 19 de octubre de 1993, fueron representados por las Normas Técnicas Ecológicas para el Control de la Calidad del Agua, publicadas en el Diario Oficial de la Federación desde el 6 de junio de 1988 hasta el 24 de octubre de 1991.

**Normas Técnicas Ecológicas.** Establecen los límites máximos permisibles de los contaminantes específicos de las descargas de aguas residuales tanto de los sectores industriales como de establecimientos, cuando se viertan a cuerpos de agua, entendiéndose como tales ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.

Los valores límites máximos permisibles para los parámetros contaminantes se fijan de acuerdo al promedio diario y al valor instantáneo, el promedio diario se hace mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas a intervalos que van de acuerdo a las horas diarias que opera el proceso generador de la descarga, tal como se indica a continuación:

La relación de los 31 sectores industriales y empresas creadas para dar servicios que cuentan con Normas Técnicas Ecológicas para el Control de la Contaminación del Agua son las siguientes:

- 1 Centrales Termoeléctricas Convencionales.
- 2 Industria Productora de Azúcar de Caña.
- 3 Industria de Refinación de Petróleo Crudo y sus Derivados y Petroquímica Básica.
- 4 Industria de Fabricación de Fertilizantes, excepto las que producen ácido fosfórico como producto intermedio.
- 5 Industria de Productos Plásticos y Polímeros Sintéticos.
- 6 Industria de Fabricación de harinas.
- 7 Industria de la Cerveza y de la Malta.
- 8 Industria de Fabricación de Asbestos de Construcción.
- 9 Industria elaboradora de Leche y sus Derivados.
- 10 Industria de Manufactura de Vidrio Plano.
- 11 Industria de Productos de Vidrio Prensado y Soplado.
- 12 Industria de Fabricación de Caucho Sintético, Llantas y Cámaras.
- 13 Industria del Hierro y del Acero.
- 14 Industria Textil.
- 15 Industria de la Celulosa y del Papel.
- 16 Industria de Bebidas Gaseosas.

- 17 Industria de Acabados Metálicos.
- 18 Industria de Laminación, Extrusión y Estiraje de Cobre y sus Aleaciones.
- 19 Industria de Impregnación de Productos de Aserradero.
- 20 Industria de Asbestos Textiles, Materiales de Fricción y Selladores.
- 21 Industria del Curtido y Acabado en Pieles.
- 22 Industria de Matanza de Animales y Empacado de Cárnicos.
- 23 Industria de Envasado de Conservas Alimenticias.
- 24 Industria Elaboradora de Papel a partir de Celulosa Virgen.
- 25 Industria Elaboradora de Papel a partir de Fibra Celulósica Reciclada.
- 26 Restaurantes o hoteles.
- 27 Industria del beneficio del café.
28. Que contempla las siguientes industrias:
  - 28.1 Industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos.
  - 28.2 Industria de producción de harina y aceite de pescado.
- 29 Hospitales.
- 30 Industria de jabones y detergentes.
- 31 Industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía.

Los parámetros asignados a cada uno se muestran en la Tabla 3.1 (Contaminantes característicos de descargas industriales), Tabla 3.2 (Substancias tóxicas específicas) y Tabla 3.3 (Metales pesados).

Tabla 3 1  
Contaminantes característicos de descargas industriales

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
temperatura (°C)	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)							X						
turbiedad (UTJ)							X		X				
sólidos disueltos totales		X	X	X	X	X	X			X	X	X	
sólidos suspendidos totales	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)		X			X	X	X						
grasas y aceites	X	X	X		X		X	X		X	X	X	X
alcalinidad		X					X					X	
acidez												X	
demanda química de oxígeno	X		X		X	X	X	X			X	X	
demanda bioquímica de oxígeno		X	X		X	X	X	X	X	X		X	
nitrógeno total		X		X		X			X				
nitrogeno amoniacal											X		X
nitratos													X
fosfato total	X			X	X	X			X	X			
sulfatos		X	X										
fluoruros			X	X							X		X
cloruros		X	X										
detergentes										X		X	
cloro libre	X												
sulfitos													
sulfuros			X										X
coliformes totales NMP/100ml	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados				X	X								

Parámetros	Industrias											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
temperatura (°C)	X'	X'	X'	X'	X'		X'				X'	X'
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)	X'	X'							X'		X'	X'
turbiedad (UTJ)									X'			X'
sólidos disueltos totales	X'	X'	X'	X'			X'	X'	X'	X'	X'	X'
sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X	X	X	X		X		X	X		X	X
grasas y aceites		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
alcalinidad		X'						X'		X'	X'	X'
acidez												
demanda química de oxígeno		X'	X	X'			X'	X'		X'	X'	X
demanda bioquímica de oxígeno	X	X				X	X	X	X	X	X	X
nitrógeno total							X'	X'	X'	X'		
nitrógeno amoniacal		X'										
nitratos												
fosfato total							X'		X'	X'		X'
sulfatos												
fluoruros			X'									
cloruros												
detergentes		X'										
cloro libre												
sulfitos	X'											
sulfuros												
coliformes totales NMP/100ml	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados		X'					X'				X'	X'

Parámetros	Industrias					
	26	27	28	29	30	31
temperatura (°C)	X	X	X		X	X
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)		X	X			X
turbiedad (UTJ)			X			X
sólidos disueltos totales						X
sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)		X	X	X	X	X
grasas y aceites	X	X	X	X	X	X
alcalinidad		X				X
acidez						X
demanda química de oxígeno		X			X	X
demanda bioquímica de oxígeno	X	X	X	X	X	X
nitrógeno total	X	X	X		X	X
nitrogeno amoniacal						
nitratos						
fosfato total	X		X		X	X
sulfatos						
fluoruros						
cloruros						
detergentes	X				X	X
cloro libre				X	X	
sulfitos						
sulfuros						
coliformes totales NMP/100ml	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados						X

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

X° Sin límite si las descargas de servicios no causan efectos adversos en los cuerpos de agua. Con límite en caso contrario.

Tabla 3.2  
Sustancias tóxicas específicas

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
antraceno													
benceno													
benzo antraceno													
benzo fluoranteno													
benzopireno													
bifenilos policlorados	X												
cianuros													X
cloroformo													
compuestos fenólicos					X								
compuestos nitrogena dos					X								
cloruro de metileno													
derivados celulósicos													
dibenzo antraceno													
2,6 dinitro tolueno													
etilbenceno													
fenantreno													
fenoles			X		X		X						X
fluoranteno													
fluoreno													
indeno													
mercapta nos			X										
naftaleno													
pireno													
poliamidas					X								
resinas acrílicas					X								
silicones					X								
tolueno													
1,1,1 tricloroetano													
tricloromet ano													

Parámetros	Industrias												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
antraceno					X								
benceno					X	X							
benzo antraceno						X							
benzo fluoranteno						X							
benzopireno						X							
bifenilos policlorados													
cianuros				X									
cloroformo					X								
compuestos fenólicos													
compuestos nitrogenados													
cloruro de metileno					X								
derivados celulósicos													
dibenzo antraceno						X							
2,6 dinitro tolueno					X								
etilbenceno					X	X							
fenantreno						X							
fenoles	X	X				X	X						
fluoranteno						X							
fluoreno						X							
indeno						X							
mercaptanos													
naftaleno					X	X							
pireno						X							
poliamidas													
resinas acrílicas													
silicones													
tolueno					X	X							
1,1,1 tricloroetano					X								
triclorometano					X	X							

Parámetros	Industrias					
	26	27	28	29	30	31
antraceno						
benceno						
benzo antraceno						
benzo fluoranteno						
benzopireno						
bifenilos policlorados						
cianuros						X
cloroformo						
compuestos fenólicos						
compuestos nitrogena dos						
cloruro de metileno						
derivados celulósicos						
dibenzo antraceno						
2,6 dinitro tolueno						
etilbenceno						
fenantreno						
fenoles						X
fluoranteno						
fluoreno						
indeno						
mercaptano s						
naftaleno						
pireno						
poliamidas						
resinas acrilicas						
silicones						
tolueno						
1,1,1 tricloroetano						
triclorometa no						

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

Tabla 3.3  
Metales pesados

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
aluminio			X										
antimonio													
arsénico			X										
bario													
berilio													
cadmio			X										
cobalto			X										X
cobre	X		X										
cromo hexavalente			X										
cromo total			X									X	
fierro	X		X					X					
manganeso													X
mercurio			X										
níquel			X										
plomo			X								X		X
vanadio			X										
zinc			X					X					X

Parámetros	Industrias														
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
aluminio				X											
antimonio					X										
arsénico					X	X									
bario				X											
berilio					X										
cadmio				X	X										
cobalto															
cobre	X			X	X	X									
cromo hexavalente				X				X							
cromo total	X			X	X	X		X							
fierro				X											
manganeso				X											
mercurio						X									
níquel				X		X									
plomo				X	X	X									
vanadio															
zinc				X	X	X									

Parámetros	Industrias					
	26	27	28	29	30	31
aluminio						X
antimonio						
arsénico			X			X
bario						
berilio						
cadmio						X

Parámetros	Industrias					
	26	27	28	29	30	31
cobalto						
cobre						X
cromo hexavalente						X
cromo total						X
fierro						
manganeso						
mercurio			X			X
níquel						X
plomo			X			X
vanadio						
zinc						X

Notas Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

### 3.3 Criterios de calidad del agua vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997.

El gobierno federal decretó una serie de Normas Oficiales Mexicanas "NOM-CCA" en materia de descargas de aguas residuales de tipo industrial que modifican los valores máximos permisibles, y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, de tal forma que estos valores se ajustaron de acuerdo al tipo de actividad industrial.

A continuación se hace mención de los establecimientos e industrias que comprenden estas normas publicadas en el "Diario Oficial de la Federación", del 18 de octubre de 1993 al 11 de diciembre de 1996:

- 1 Centrales Termoeléctricas Convencionales.
- 2 Industria Productora de Azúcar de Caña.
- 3 Industria de refinación de petróleo y petroquímica.
- 4 Industria de Fabricación de Fertilizantes, excepto las que producen ácido fosfórico como producto intermedio.
- 5 Industria de Productos Plásticos y Polímeros Sintéticos.
- 6 Industria de Fabricación de harinas.
- 7 Industria de la Cerveza y de la Malta.
- 8 Industria de Fabricación de Asbestos de Construcción.
- 9 Industria elaboradora de Leche y sus Derivados.
- 10 Industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio.
- 11 Industria de Productos de Vidrio Prensado y Soplado.
- 12 Industria hulera.
- 13 Industria del Hierro y del Acero.
- 14 Industria Textil.
- 15 Industria de la Celulosa y del Papel.

- 16 Industria de Bebidas Gaseosas.
- 17 Industria de Acabados Metálicos.
- 18 Industria de Laminación, Extrusión y Estiraje de Cobre y sus Aleaciones.
- 19 Industria de Impregnación de Productos de Aserradero.
- 20 Industria de Asbestos Textiles, Materiales de Fricción y Selladores.
- 21 Industria del Curtido y Acabado en Pieles.
- 22 Industria de Matanza de Animales y Empacado de Cárnicos.
- 23 Industria de Envasado de Conservas Alimenticias.
- 24 Industria Elaboradora de Papel a partir de Celulosa Virgen.
- 25 Industria Elaboradora de Papel a partir de Fibra Celulósica Reciclada.
- 26 Restaurantes o de Hoteles.
- 27 Industria del Beneficio del Café.
- 28 Que contempla las siguientes industrias:
  - 28.1 Industria de Preparación y Envasado de Conservas de Pescados y Mariscos
  - 28.2 Industria de Producción de Harina y Aceite de Pescado.
- 29 Hospitales.
- 30 Industria de Jabones y Detergentes.
- 31 Industria, actividades agroindustriales y de servicios que descargan a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.
- 32 Industria Vinícola.
- 33 Industria de la Destilería.
- 34 Industria de Pigmentos y Colorantes.
- 35 Industria de la Galvanoplastia.
- 36 Sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.
  - 36.1 Para centros de poblaciones hasta de 80,000 habitantes.
  - 36.2 Para centros de poblaciones mayores de 80,000 habitantes.

37 Industria de Aceites y Grasas Comestibles de Origen Animal y Vegetal.

38 Industria de Componentes Eléctricos y Electrónicos.

39 Industria de Preparación, Conservación y Envasado de Frutas, Verduras y Legumbres en Fresco y/o Congelados.

40 Industria de Productos Químicos Inorgánicos.

41 Industrias de Fertilizantes Fosfatados, Fosfatos, Polifosfatos, Ácido Fosfórico, Productos Químicos Inorgánicos Fosfatados, exceptuando a los Fabricantes de Ácido Fosfórico por el Proceso de Vía Húmeda.

42 Que comprende:

42.1 Industria Farmacéutica.

42.2 Industria Farmoquímica.

Los parámetros asignados a cada uno se muestran en la Tabla 3.4 (Contaminantes característicos de descargas industriales), Tabla 3.5 (Substancias tóxicas específicas) y Tabla 3.6 (Metales pesados).

Tabla 3.4  
Contaminantes característicos de descargas industriales

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
temperatura (°C)	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)		X	X	X			X		X			X	
turbiedad (UTJ)													
sólidos disueltos totales	X		X	X	X	X	X		X		X	X	
sólidos suspendidos totales	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X	X		X	X	X	X			X			
grasas y aceites	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
alcalinidad							X					X	
acidez							X					X	
demanda química de oxígeno	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
demanda bioquímica de oxígeno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
nitrógeno total		X		X		X	X		X				
nitrógeno amoniacal			X								X	X	
nitratos													X
fosfato total	X	X		X	X	X	X		X	X			
sulfatos		X											
fluoruros				X	X						X		
cloruros			X	X									X
detergentes	X						X		X	X	X	X	
cloro libre		X											
sulfitos													
sulfuros			X										X
coliformes totales (NMP/100ml)	X <sup>o</sup>												
metales pesados	X		X	X	X							X	

Parámetros	Industrias												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
temperatura (°C)	X	X	X	X	X		X				X	X	X
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)	X	X						X	X		X	X	
turbiedad (UTJ)													
sólidos disueltos totales	X	X	X	X			X	X	X		X	X	
sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X	X	X	X		X		X	X		X	X	
grasas y aceites	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
alcalinidad		X						X		X	X	X	
acidez		X						X		X	X	X	
demanda química de oxígeno	X	X		X		X	X	X		X	X	X	
demanda bioquímica de oxígeno	X	X	X					X	X	X	X	X	X
nitrógeno total							X	X		X			X
nitrógeno amoniacal		X							X				
nitratos													
fosfato total	X						X		X	X			X
sulfatos													
fluoruros				X									
cloruros													
detergentes			X										X
cloro libre													
sulfitos		X											
sulfuros	X							X					
coliformes totales (NMP/100ml)	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados		X				X	X				X	X	

Parámetros	Industrias												
	27	28.1	28.2	29	30	31	32	33	34.1	34.2	35	36.1	36.2
temperatura (°C)	X'	X'	X'	X'	X'	X	X'	X'	X'		X'		
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)	X'	X'	X'			X'			X'	X'		X'	X'
turbiedad (UTJ)		X'	X'									X'	X'
sólidos disueltos totales						X'					X'	X'	X'
sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X'	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
grasas y aceites	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
alcalinidad	X'					X'							
acidez	X'					X'							
demanda química de oxígeno	X'			X	X	X'	X	X	X	X	X	X	X
demanda bioquímica de oxígeno	X	X	X	X	X	X'	X	X	X'	X'		X	X
nitrógeno total	X'	X'	X'	X'	X'	X'	X	X	X'	X'		X'	X'
nitrógeno amoniacal													
nitratos													
fosfato total	X'	X'	X'	X'	X'	X'	X	X	X'	X'		X'	X'
sulfatos													
fluoruros						X							
cloruros													
detergentes				X'	X	X			X'	X'			
cloro libre				X									
sulfitos													
sulfuros						X'							
coliformes totales (NMP/100ml)	X°	X°	X°		X°		X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados		X'	X'	X'	X'			X'	X'	X'		X'	X'

Parámetros	Industrias						
	37	38	39	40	41	42.1	42.2
temperatura (°C)	X'	X'	X'			X'	X'
pH (unidades de pH)	X	X	X	X	X	X	X
color (unidades de color)		X	X'	X'	X'	X'	X'
turbiedad (UTJ)			X'	X'			
sólidos disueltos totales	X'		X'			X'	X'
sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X	X'	X	X'		X'	X'
grasas y aceites	X	X	X	X'		X	X
alcalinidad				X'		X'	X'
acidez				X'		X'	X'
demanda química de oxígeno	X	X	X	X	X'	X	
demanda bioquímica de oxígeno	X'	X'	X			X	X
nitrogeno total			X'		X'	X'	X'
nitrogeno amoniacal							
nitratos							
fosfato total	X'	X'	X'	X	X	X'	X'
sulfatos				X'			
fluoruros		X		X'	X		
cloruros				X'		X'	X'
detergentes	X'			X'		X'	X'
cloro libre							
sulfitos							
sulfuros				X'		X'	X'
coliformes totales (NMP/100ml)	X°	X°	X°	X°	X°	X°	X°
metales pesados	X'				X'	X'	X'

Notas Las unidades son mg/l.

X Parametros con limites máximos permisibles

X' Parametros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

X° Sin limite si las descargas de servicios no causan efectos adversos en los cuerpos de agua. Con limite en caso contrario.

Tabla 3.5  
Substancias tóxicas específicas

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
antraceno													
benceno													
benzo antraceno													
benzo fluoranteno													
benzopireno													
bifenilos policlorados													
cianuros					X'								X
cloroformo													
compuestos fenólicos													
compuestos nitrogena dos					X'								
cloruro de metileno													
derivados celulósicos					X'								
dibenzoan traceno													
2,6 dinitro lueno													
etilbenceno													
fenantreno													
fenoles		X	X		X								X
fluoranteno													
fluoreno													
indeno													
mercapta nos													
naftaleno													
pireno													
poliamidas					X'								
resinas acrilicas					X'								
silicones					X'								
tolueno													
1,1,1 tricloroetano													
triclorometa no													

Parámetros	Industrias												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
antraceno													
benceno													
benzo antraceno													
benzo fluoranteno													
benzopireno													
bifenilos policlorados													
cianuros				X									
cloroformo													
compuestos fenólicos													
compuestos nitrogena dos													
cloruro de metileno													
derivados celulósicos													
di:benzoan traceno													
2,6 dinitro tolueno													
etilbenceno													
fenantreno													
fenoles	X					X							
fluoranteno													
fluoreno													
indeno													
mercapta nos													
naftaleno													
pireno													
poliamidas													
resinas acrilicas													
silicones													
tolueno													
1,1,1 tricloroetano													
triclorometa no													

Parámetros	Industrias												
	27	28	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	36
	1	2							1	2		1	2
antraceno													
benceno													
benzo antraceno													
benzo fluoranteno													
benzopireno													
bifenilos policlorados													
cianuros						X					X		
cloroformo													
compuestos fenólicos													
compuestos nitrogena dos													
cloruro de metileno													
derivados celulósicos													
dibenzo antraceno													
2,6 dinitro tolueno													
etilbenceno													
fenantreno													
fenoles						X							
fluoranteno													
fluoreno													
indeno													
mercapta nos													
naftaleno													
pireno													
poliamidas													
resinas acrilicas													
silicones													
tolueno													
1, 1, 1 tricloroetano													
triclorometa no													

Parámetros	Industrias							
	37	38	39	40	41	42 1	42 2	
antraceno								
benceno								
benzo antraceno								
benzo fluoranteno								
benzopireno								
bifenilos policlorados								
cianuros		X'		X'		X'	X	
cloroformo								
compuestos fenólicos								
compuestos nitrogena dos								
cloruro de metileno								
derivados celulósicos								
dibenzo antraceno								
2,6 dinitro tolueno								
etilbenceno								
fenantreno								
fenoles								
fluoranteno								
fluoreno								
indeno								
mercapta nos								
naftaleno								
pireno								
poliamidas								
resinas acrilicas								
silicones								
tolueno								
1,1,1 tricloroetano								
triclorometa no								

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

Tabla 3.6  
Metales pesados

Parámetros	Industrias												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
aluminio													
antimonio													
arsénico													
bario													
berilio													
cadmio													
cobalto													
cobre													
chromo hexavalente		X											
chromo total	X	X											X
hierro													
manganeso													X
mercurio													
níquel													X
plomo											X		X
vanadio													
zinc													X

Parámetros	Industrias															
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
aluminio				X												
antimonio					X											
arsénico				X	X											
bario				X												
berilio					X											
cadmio				X	X											
cobalto																
cobre	X			X	X											
chromo hexavalente				X				X								
chromo total	X			X	X			X								
hierro				X												
manganeso				X												
mercurio																
níquel				X	X											
plomo				X	X											
vanadio																
zinc				X	X											

Parámetros	Industrias												
	27	28.1	28.2	29	30	31	32	33	34.1	34.2	35	36.1	36.2
aluminio											X		
antimonio													
arsénico						X							
bario											X		
berilio													
cadmio						X					X		
cobalto													
cobre						X					X		
cromo hexavalente						X					X		
cromo total						X					X		
hierro											X		
manganeso											X	X	X
mercurio						X							
níquel						X					X		
plomo						X					X		
vanadio													
zinc						X					X		

Parámetros	Industrias						
	37	38	39	40	41	42.1	42.2
aluminio							
antimonio							
arsénico				X			
bario				X			
berilio							
cadmio		X		X			
cobalto							
cobre		X		X			
cromo hexavalente		X		X			
cromo total		X		X			
hierro				X			
manganeso							
mercurio				X			
níquel		X					
plomo		X		X			
vanadio							
zinc		X					

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

3.4 Criterios de calidad de las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales vigentes desde el 7 de enero de 1997.

#### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996**

NOM-001-ECOL-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada el 6 de enero de 1997.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

Abrogo las siguientes normas oficiales mexicanas que tenían como objetivo establecer los límites máximos permisibles de contaminantes de las descargas residuales a cuerpos receptores provenientes de diferentes industrias: NOM-001-ECOL-1993 provenientes de centrales termoeléctricas convencionales, NOM-002-ECOL-1993, provenientes de la industria productora de azúcar de caña, NOM-003-ECOL-1993 provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica, NOM-004-ECOL-1993, provenientes de la fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio, NOM-005-ECOL-1993 provenientes de la fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos, NOM-006-ECOL-1993 provenientes de la fabricación de harinas, NOM-007-ECOL-1993 provenientes de la industria de la cerveza y de la malta, NOM-008-ECOL provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados, NOM-010-ECOL-1993 provenientes de las industrias de

manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio, NOM-011-ECOL-1993 provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado, NOM-012-ECOL-1993 provenientes de la industria hulera, NOM-013-ECOL-1993 provenientes de la industria del hierro y del acero, NOM-014-ECOL-1993 provenientes de la industria textil, NOM-015-ECOL-1993 provenientes de la industria de la celulosa y el papel, NOM-016-ECOL-1993 provenientes de la industria de bebidas gaseosas, NOM-017-ECOL-1993 provenientes de la industria de acabados metálicos, NOM-018-ECOL-1993 provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones, NOM-019-ECOL-1993 provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero, NOM-020-ECOL-1993 provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores, NOM-021-ECOL-1993 provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles, NOM-022-ECOL-1993 provenientes de la industria de matanza de animales y empaçado de cárnicos, NOM-023-ECOL-1993 provenientes de industria de envasado de conservas alimenticias, NOM-024-ECOL-1993 provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen, NOM-025-ECOL-1993 provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada, NOM-026-ECOL-1993 provenientes de restaurantes o de hoteles, NOM-027-ECOL-1993 provenientes de la industria del beneficio del café, NOM-028-ECOL-1993 provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado, NOM-029-ECOL-1993, provenientes de hospitales, NOM-030-ECOL-1993 provenientes de la industria de jabones y detergentes, NOM-063-ECOL-1993 provenientes de la industria vinícola, NOM-064-ECOL-1993 provenientes de la industria de la destilería, NOM-065-ECOL-1993 provenientes de la industria de pigmentos y colorantes,

NOM-066-ECOL-1993 provenientes de la industria de la galvanoplastia, NOM-067-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal, NOM-068-ECOL-1993 provenientes de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal, NOM-069-ECOL-1994 provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos, NOM-070-ECOL-1994 provenientes de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados, NOM-071-ECOL-1994 provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos, NOM-072-ECOL-1994 provenientes de las industrias de fertilizantes fosfatados, fosfatos, polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda, NOM-073-ECOL-1994 provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica.

Asimismo se abrogan las siguientes normas oficiales mexicanas: NOM-032-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola. NOM-033-ECOL-1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas.

Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales tenían que realizarlo en las fechas de cumplimiento establecidas, este sería gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. Mientras que las descargas no municipales

tenían como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas donde el cumplimiento sería gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno<sub>5</sub> (DBO<sub>5</sub>) ó sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestados en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional de Agua.

Las fechas de cumplimiento establecidas podían ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen los límites máximos permisibles de esta norma, quedan obligados a presentar un programa de las acciones de acuerdo a las fechas establecidas.

La periodicidad de análisis y reportes se indicaron para descargas de tipo municipal y no municipal. Los parámetros que se consideraron para ríos (uso en riego agrícola, uso público urbano, protección de vida acuática), embalses naturales y artificiales (uso en riego agrícola, uso público urbano), aguas costeras (explotación pesquera, navegación y otros usos, recreación, estuarios) y suelo (uso en riego agrícola, humedales naturales) fueron los contemplados en la tabla 3.7 (Contaminantes característicos de descargas industriales) , tabla 3.8 (Substancias tóxicas específicas) y tabla 3.9 (Metales pesados):

**Tabla 3.7**  
**Contaminantes característicos de descargas industriales**

Parámetros	
temperatura (°C)	X
pH (unidades de pH)	X
color (unidades de color)	
turbiedad (UTJ)	
sólidos disueltos totales	
sólidos suspendidos totales	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X
grasas y aceites	X
alcalinidad	
acidez	
demanda química de oxígeno	
demanda bioquímica de oxígeno	X
nitrógeno total	X
nitrógeno amoniacal	
nitratos	
fosfato total	
sulfatos	
fluoruros	
cloruros	
detergentes	
cloro libre	
sulfitos	
sulfuros	
coliformes totales (NMP/100ml)	X
metales pesados	

La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

X° Sin límite si las descargas de servicios no causan efectos adversos en los cuerpos de agua. Con límite en caso contrario.

Tabla 3.8  
Sustancias tóxicas específicas

Parámetros	
antraceno	
benceno	
benzoantraceno	
benzofluoranteno	
benzopireno	
bifenilos policlorados	
cianuros	X
cloroformo	
compuestos fenólicos	
compuestos nitrogenados	
cloruro de metileno	
derivados celulósicos	
dibenzoantraceno	
2,6 dinitrotolueno	
etilbenceno	
fenantreno	
fenoles	
fluoranteno	
fluoreno	
indeno	
mercaptanos	
naftaleno	
pireno	
poliamidas	
resinas acrílicas	
silicones	
tolueno	
1,1,1 tricloroetano	
triclorometano	

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X\* Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

Tabla 3.9  
Metales pesados

Parámetros	
aluminio	
antimonio	
arsénico	X
bario	
berilio	
cadmio	X
cobalto	
cobre	X
cromo hexavalente	

Parametros	
Cromo total	
fierro	
manganeso	
mercurio	X
niquel	X
plomo	X
vanadio	
zinc	X

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X\* Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

**3.5 Criterios de calidad de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal vigentes desde el 4 de junio de 1998.**

#### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-ECOL-1996**

**Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.**

**Fue publicada el 3 de junio de 1998. Abroga a la NOM-CCA-031-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicio y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.**

**Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.**

**Los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, en las fechas establecidas. De esta manera, el cumplimiento es gradual y progresivo, conforme al rango de población.**

Las fechas de cumplimiento establecidas para el o los responsables de descargas individuales o colectivas, pueden ser modificadas por la autoridad competente. Los parámetros contemplados por esta norma se muestran en la tabla 3.10 (Contaminantes característicos), tabla 3.11 (Substancias tóxicas específicas) y tabla 3.12 (Metales pesados):

Tabla 3 10  
Contaminantes característicos de descargas industriales

Parámetros	
temperatura (°C)	X
pH (unidades de pH)	X
color (unidades de color)	
turbiedad (UTJ)	
sólidos disueltos totales	
sólidos suspendidos totales	X
sólidos sedimentables (ml/l)	X
grasas y aceites	X
alcalinidad	
acidez	
demanda química de oxígeno	
demanda bioquímica de oxígeno	X
nitrógeno total	
nitrógeno amoniacal	
nitratos	
fosfato total	
sulfatos	
fluoruros	
cloruros	
detergentes	
cloro libre	
sulfitos	
sulfuros	
coliformes totales (NMP/100ml)	
metales pesados	

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

X° Sin límite si las descargas de servicios no causan efectos adversos en los cuerpos de agua. Con límite en caso contrario.

La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales y los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Tabla 3.11  
Sustancias tóxicas específicas

Parámetros	
antraceno	
benceno	
benzoantraceno	
benzofluoranteno	
benzopireno	
bifenilos policlorados	
cianuros	X
cloroformo	
compuestos fenólicos	
compuestos nitrogenados	
cloruro de metileno	
derivados celulósicos	
dibenzoantraceno	
2,6 dinitrotolueno	
etilbenceno	
fenantreno	
fenoles	
fluoranteno	
fluoreno	
indeno	
mercaptanos	
naftaleno	
pireno	
poliamidas	
resinas acrílicas	
silicones	
tolueno	
1,1,1 tricloroetano	
triclorometano	

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

Tabla 3.12  
Metales pesados

Parámetros	
aluminio	
antimonio	
arsénico	X
bario	
berilio	
cadmio	X
cobalto	
cobre	X
cromo hexavalente	X
cromo total	
fierro	
manganeso	
mercurio	X
níquel	X
plomo	X
vanadio	
zinc	X

Notas: Las unidades son mg/l.

X Parámetros con límites máximos permisibles

X' Parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga.

IV. Análisis de las normas de aguas residuales que establecen los límites máximos permisibles en las descargas provenientes de industrias.

4.1 Las Normas Técnicas Ecológicas. Que establecieron los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes y las condiciones para las descargas de las aguas residuales a cuerpos receptores contemplaron: 9 industrias químicas, 12 industrias de los materiales, 10 industrias de alimentos, 1 industria textil y 2 empresas creadas para dar servicios. Estas 31 normas (de NTE-CCA-001/88 a la NTE-CCA-031/91) tomaron en cuenta los contaminantes característicos de descargas de aguas residuales, sustancias tóxicas específicas y metales pesados. Además, se consideraron tanto los parámetros con límites máximos permisibles como los parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga. De acuerdo a lo anterior, se plantearon 404 parámetros. El 58% fue integrado por contaminantes característicos, el 34% por sustancias tóxicas específicas y el 18% por metales pesados. La normatividad de las industrias de materiales fue la que presentó más parámetros con límites máximos permisibles y adicionales al fijar condiciones particulares de descarga. Posteriormente fueron: la industria química, la industria de los alimentos, la industria textil y las empresas creadas para dar servicios.

4.2 Las Normas Oficiales Mexicanas vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997. Que establecían los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales consideraron: 13 industrias químicas, 13 industrias de materiales, 15 industrias de alimentos, 1 industria textil y 2 empresas creadas para dar servicios. Se publicaron 40 normas (de NOM-CCA-001-ECOL/1993

a la NOM-CCA-030-ECOL/1993, NOM-063-ECOL-1993 a la NOM-066-ECOL-1993, NOM-068-ECOL-1993 a la NOM-073-ECOL-1994). En estas normas también se contemplaron los contaminantes característicos de descargas de aguas residuales, sustancias tóxicas específicas y metales pesados, tomándose en cuenta tanto los parámetros con límites máximos permisibles como los parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga. Por lo que 547 parámetros fueron planteados. A diferencia de las Normas Técnicas Oficiales se enfatizó más el parámetro de contaminantes característicos (86%), por lo que decreció la importancia en esta normatividad de: los parámetros sustancias tóxicas específicas (4%) y los metales pesados (10%). Cabe mencionar en orden de importancia las normatividades de la industrias que presentaron más parámetros con límites máximos permisibles y adicionales al fijar condiciones particulares de descarga: la industria de los materiales, la industria de los alimentos, la industria textil y las empresas creadas para dar servicios.

4.3 La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 vigente desde el 7 de enero de 1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. A diferencia de las Normas Técnicas Ecológicas y las Normas Oficiales Mexicanas vigentes del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 la NOM-001-ECOL contemplo tanto a las industrias (químicas, de los materiales, de alimentos, textiles) como a las empresas creadas para dar servicios (hospitales, hoteles o restaurantes). Esta norma considero el parámetro de contaminantes característicos (53%) y los metales pesados (41%), sin embargo decremento la importancia en esta normatividad de las

substancias tóxicas específicas presentando sólo el parámetro de cianuros (6%).

4.4 La Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 vigente desde el 4 de junio de 1998. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Abrogó a la NOM-CCA-031-ECOL/1993 vigente desde el 18 de octubre de 1993. Esta norma puede aplicarse tanto en las industrias (químicas, de los materiales, de alimentos, textiles) como a las empresas creadas para dar servicios (hospitales, hoteles o restaurantes). Esta consideró el parámetro de contaminantes característicos (40%) y los metales pesados (53%), presentandose sólo el cianuro en la reglamentación de las substancias tóxicas específicas (7%)

#### 4.5 Calidad del Agua en México

En 1994 de acuerdo con informes del Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática, INEGI, y la Comisión Nacional del Agua, CNA, cerca del 68% de las muestras de aguas superficiales presentaban problemas importantes de contaminación. El Valle de México, región donde se concentra el mayor porcentaje de la población nacional y urbana presentaba los índices más bajos de calidad del agua, clasificadas como aguas fuertemente contaminadas. El desarrollo de industrias automotrices, químicas, de alimentos y textiles concentradas principalmente en zonas metropolitanas, adicionales descargas residuales a las aguas urbanas y municipales que se generan. Una de las razones más importantes es la falta de plantas de tratamientos, equipos de control o instalaciones de tecnología más limpia en la mayoría de microempresas y pequeños establecimientos.

En México los giros industriales responsables de generar mayores descargas residuales de acuerdo a su importancia, de mayor a menor, son: azúcar, química, papel y celulosa, petróleo, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos.

Sin embargo, considerando no solamente los volúmenes de agua manejados, sino las circunstancias locales en las cuales se desenvuelve la industria, se han establecido como las más importantes en el ámbito de la prevención y control de la contaminación del agua, las siguientes: azúcar y alcohol; refinación de petróleos y petroquímica; papel y celulosa; curtiduría; química; textil y alimentos.

Ya que debido a la transición de normatividad en materia de descargas de aguas residuales algunos parámetros se han ignorado y otros no. Primero se muestran los parámetros de calidad del agua y los efectos que causan para poder entender las ventajas y desventajas presentadas. Posteriormente se presenta el uso del agua en diferentes industrias para poder entender el porque y la magnitud del problema y las definiciones que se mencionan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

#### 4.5.1 Parámetros de calidad del agua

Los parámetros característicos de las aguas residuales se pueden separar entres grupos: físicos, químicos y biológicos.

##### 4.5.1.1 Parámetros físicos

Los más importantes son los sólidos en sus diferentes formas: materia flotante, suspendida, coloidal y disuelta; así como la temperatura, olor y color.

- Sólidos totales. Se encuentran representados por el material que arrastran las aguas de suministro doméstico, industrial y agrícola durante su uso. Desde el punto de vista analítico los sólidos totales se definen como el residuo que permanece después de haber evaporado el agua entre 103 y 105°C.
- Sólidos disueltos o filtrables. Son componentes de los totales; comprenden partículas del tamaño de los iones y de los coloides, cuya magnitud oscila entre  $10^{-3}$  y 1 micra.
- Sólidos suspendidos. Forman parte de los sólidos totales, son partículas mayores de una micra, e incluyen a los sólidos sedimentables que a su vez son de tamaño mayor a las 10 micras.

Cada una de las categorías de sólidos definidas anteriormente, se dividen en función de su volatilidad a 600°C, en fijos y volátiles. La fracción orgánica se oxida a esa temperatura, convirtiéndose en gas y la inorgánica permanece como ceniza.

Los términos sólidos suspendidos volátiles y sólidos suspendidos fijos corresponden a fracciones orgánicas e inorgánicas respectivamente. A 600°C la descomposición de la fracción inorgánica se encuentra restringida a la del carbonato de magnesio, el cual se convierte en dióxido de carbono y óxido de magnesio a 350°C; el carbonato de calcio, el mayor componente de las sales inorgánicas es estable a temperaturas menores a 850°C.

- Sólidos sedimentables. Este término se aplica a los sólidos en suspensión que pueden llegar a sedimentar en condiciones de reposo, debido a la influencia de la gravedad. Únicamente sedimentan los sólidos suspendidos gruesos, que tengan gravedad específica mayor que la del agua. Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables. Este parámetro determina la necesidad de construir unidades de sedimentación en el tratamiento de aguas residuales.

- **Temperatura.** Es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual. Usualmente la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua de suministro, por la adición de calor que ejercen los usos domésticos e industrial. La temperatura es muy importante porque afecta a la fauna y flora acuáticas, la velocidad de reacción bioquímica y la transferencia de gases. Así por ejemplo al incrementarse la temperatura, la velocidad de biodegradabilidad de compuestos orgánicos, también se incrementa, pero la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye.

- **Color.** El agua residual doméstica presenta un color gris cuando se acaba de generar, pero posteriormente se torna de color negro, debido a la actividad de microorganismos anaerobios, que descomponen la materia orgánica en ácido sulfhídrico y metano. Por lo que respecta a las aguas residuales industriales, estas presentan color en algunos casos, tales como el de las industrias textil, celulosa y papel, petrolera y petroquímica.

- **Olor.** El olor de las aguas residuales domésticas es causado por compuestos derivados de la actividad microbiana anaerobia. El de las residuales industriales es particular según sea el caso, así por ejemplo la industria petrolera presenta olores característicos, como el de la gasolina, el fenol o el ácido sulfhídrico.

#### 4.5.1.2 Parámetros químicos

Se dividen en orgánicos, inorgánicos y gases.

**Orgánicos.** La materia orgánica presente en las aguas residuales es de origen animal, vegetal y compuestos sintéticos orgánicos creados por el hombre. Los principales grupos de sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales domésticas son las proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), grasas y aceites (10%). La urea que es el principal constituyente de la orina es otro

compuesto orgánico importante, debido a que se descompone rápidamente, sólo se encuentra en aguas residuales recientes. Los elementos constitutivos principales de la materia orgánica son carbón, hidrógeno, oxígeno, y en algunos casos nitrógeno; así como cantidades menores de azufre, fósforo, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, etc. Otros compuestos orgánicos a veces presentes en las aguas residuales son orgánicos sintéticos que van desde estructuras moleculares sencillas hasta extremadamente complejas, como son los fenoles, detergentes, plaguicidas, y otros más asociados con metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio. Para facilitar la detección de la materia orgánica usualmente se recurre a medir parámetros indirectos como son la demanda bioquímica y química de oxígeno y el carbono orgánico total.

- Demanda bioquímica de oxígeno. La  $DBO_5$  o demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días es el parámetro más usado para estimar el grado de contaminación orgánica en el agua. Su determinación implica medir la variación del oxígeno disuelto en el agua a través del tiempo debido a las reacciones bioquímicas involucradas en el metabolismo microbiano de la materia orgánica. La  $DBO$  del agua residual da una idea de la biodegradabilidad de la materia orgánica, además sirve para calcular la cantidad de oxígeno necesario para la estabilización de la materia orgánica mediante un tratamiento biológico, los datos de  $DBO$  se emplean para medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento de aguas, y en general, la  $DBO_5$  es un índice importante de la calidad de los cuerpos de agua.

- Demanda química de oxígeno (DQO). Es otro parámetro que permite medir indirectamente el contenido de materia orgánica. El procedimiento se fundamenta en la oxidación de la materia orgánica mediante un oxidante químico fuerte, tal como el dicromato de potasio,

en medio ácido, alta temperatura y en presencia de sulfato de plata como catalizador.

La DQO es usualmente mayor que la DBO, puesto que mayor cantidad de sustancias son oxidadas químicamente que bioquímicamente. Para muchos tipos de desechos la DBO se correlaciona con la DQO, cuando se trata de desechos domésticos típicos la DQO es de 1.2 a 1.5 veces mayor que la DBO.

- Inorgánicos y gases. Estos parámetros químicos tienen importancia en la estabilización del agua y en el control de calidad de la misma, así como condicionantes y limitantes del crecimiento biológico. A continuación se presentan aspectos generales de los parámetros químicos inorgánicos y gases por lo que respecta a su significado y efectos relevantes.

- pH. Es la medida de la acidez o basicidad del agua. Los valores de pH mayores de 7.5 y menores de 6.5 afectan a los organismos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas residuales.

- Alcalinidad. Es la medida del contenido de iones hidróxidos (oxhidrilos), bicarbonatos y carbonatos. Su efecto es limitante de la actividad biológica.

- Nitrógeno amoniacal. Es un nutriente biológico e interviene en el metabolismo bacteriano.

- Nitratos. Son nutrientes biológicos, se forman en fases terminales de procesos biológicos.

- Fosfatos. Son nutrientes biológicos e intervienen en el metabolismo bacteriano.

- Metales pesados. Son los que tienen una densidad superior a los cinco gramos por centímetro cúbico. Indican contaminación industrial. Afectan el metabolismo microbiano por ser tóxicos.

- Oxígeno disuelto. Es una medida de la actividad biológica. Se requiere para la respiración de organismos aerobios de importancia en el tratamiento de aguas residuales.
- Acido sulfhídrico y metano. Indican condiciones sépticas, se forman de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

#### 4.5.1.3 Parámetros biológicos.

Grupo coliforme. Incluye a todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas, en forma de bacilo corto, que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35°C. Este grupo heterógeno no sólo está presente en las heces humanas, sino que se encuentra en otros ambientes como son aguas negras, aguas dulces superficiales, suelo y vegetación.

En el grupo de coliformes se encuentran las siguientes:

- a) *Escherichia coli*, *E. aureacens*, *E. freundii*, *E. intermedia*.
- b) *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*
- c) Intermediarios bioquímicos entre los géneros *Escherichia* y *Enterobacter*.

El grupo coliforme se subdivide en dos categorías: fecal y no fecal. Esta subdivisión se basa en la suposición de que *Escherichia coli* y otras cepas estrechamente relacionadas son de origen fecal, mientras que *Enterobacter aerogenes* y sus relativos más cercanos son de origen fecal directo.

Las características que hacen de los coliformes buenos indicadores de contaminación son las siguientes:

- a) Grupo coliforme total.

##### 1) Ventajas.

- La ausencia de coliformes es una evidencia de la potabilidad bacteriológica del agua.

- La densidad de coliformes es una medida proporcional aproximada de la contaminación por desechos fecales.

- Si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal, las bacterias coliformes deben existir en mayor número, ya que están siempre presentes en el intestino de humanos y animales de sangre caliente, y se eliminan en gran número por las heces.

- Los coliformes persisten en medio acuático más que las bacterias patógenas de origen industrial.

. Los coliformes son generalmente menos dañinos al hombre y pueden determinarse cuantitativamente por los procedimientos rutinarios de laboratorio.

## 2) Desventajas.

- Algunos miembros del grupo coliforme tienen una amplia distribución en el medio ambiente en comparación a su presencia en los intestinos de animales de sangre caliente.

- Algunas cepas del grupo coliforme pueden crecer en aguas contaminadas y por consiguiente esto hace difícil la evaluación de la presencia o grado de contaminación.

- Otras bacterias pueden interferir con la prueba de los coliformes dando resultados falsos positivos o falsos negativos, por ejemplo: *E.aerogenes* o *pseudomonas*.

## b) Grupo coliforme fecal.

### 1) Ventajas.

- El 95% de los coliformes de origen fecal da positiva la prueba de la temperatura.

- Estos organismos están relativamente ausentes si la contaminación no es de origen fecal.

- El tiempo de supervivencia del grupo coliforme fecal en aguas es más corto que el de los coliformes no fecales. Por consiguiente una

densidad alta de coliformes fecales indica una contaminación relativamente reciente.

- Los coliformes fecales generalmente no se multiplican fuera de los intestinos de los animales de sangre caliente.

## 2) Desventajas.

- Un número pequeño de coliformes fecales da negativa la prueba de la temperatura.

- Actualmente se conoce poco acerca de la supervivencia relativa de los coliformes fecales y de las bacterias patógenas entéricas en aguas contaminadas.

### 4.5.2 Industria de alimentos

La industria de alimentos presenta contaminación biológica debido a las bacterias, protozoarios y otros organismos. También existe la contaminación química de los alimentos industrializados. Así es común la presencia del plomo, mercurio, arsénico, pero además, ocurre que, al ser industrializados, se combinan con diversos preservativos, colorantes y sustancias que evitan la descomposición y mejoran la apariencia. En la industria alimenticia se usan: ácido acético glacial, ácido cítrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico, ácido nítrico, benzoato de sodio, bicarbonato de sodio, cloruro de calcio, detergentes, dióxido de cloro, hipoclorito de calcio, hipoclorito sodio, nitrato de potasio, peróxido de hidrógeno 50%, sosa cáustica en escamas, sosa cáustica líquida, sulfato de sodio y yodo al 1.75%.

Para efectos de las normas se asumen las definiciones que se mencionan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas:

- Aguas residuales de la industria del beneficio del café. Aquellas que provienen de los procesos de despulpado, fermentado y lavado del café.

- Aguas residuales de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos, así como de la industria de producción de harinas y aceite de pescado. Aquellas que provienen de los procesos de conservación y envasado de productos de origen animal. cuyo habitat es el agua.

- Aguas residuales de la industria vinícola. Las que provienen de las actividades de la elaboración de los vinos de uva y fermentación de otras frutas, contienen: lías, hollejos, semillas pulpa o bagazo, sustancias características de la materia prima, residuos de productos usados en el proceso de fabricación, aguas del lavado del equipo y limpieza de la planta.

- Aguas residuales de la industria de la destilería. Las que provienen de la fabricación de: alcohol etílico, aguardientes y bebidas alcohólicas destiladas como: ron, vodka, ginebra, whisky, tequila, mezcal, charanda entre otras. Todos estos productos son obtenidos por fermentación y posterior destilación de mostos elaborados a partir de materias primas naturales. Las aguas de esta industria contienen: residuos de la destilación, agua de lavado del equipo y limpieza de la planta

- Aguas residuales de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal. Son las que provienen de los procesos de extracción por prensado y/o solventes, refinación (desgomado, neutralizado, blanqueado, deodorizado, desencerado y/o invernado), fraccionación y acidulación.

- Aguas residuales de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados. Las que provienen de las empresas que reciben la materia prima en

fresco para su procesamiento, el cual puede ser: Recortado, lavado, blanqueado, o escaldado, extraído, concentrado, empacado en fresco o congelado.

#### Ventajas:

- Con la publicación de la normatividad vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 se contemplaron cuatro industrias más en el área de alimentos: la vinícola, la destilería, de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal, preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados
- Todas las industrias de alimentos se vieron forzadas a presentar análisis químicos que considerarán los parámetros de metales pesados desde la publicación de la NOM-001-ECOL-1996 y posteriormente la NOM-002-ECOL-1996.
- Con excepción de la industria de azúcar de caña todas las demás industrias consideradas tanto en las NTE-CCA-002/88 como en las Normatividad Oficial Mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 consideraron por primera vez un parámetro de sustancias tóxicas específicas (el cianuro) desde la publicación de la NOM-001-ECOL-1996.

#### Desventajas:

- Siendo la industria del azúcar de caña una de las que más contamina nunca se considero el fierro ni los sulfuros, ni los sulfatos. Considerando las sustancias tóxicas específicas esta industria fue la única que en la NTE-CCA-002/88 no se le pedía el análisis de algún parámetro, pero con la normatividad oficial mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 se le asignaron fenoles, sin embargo, en la NOM-001-ECOL-1996 se excluyo este rubro y se incluyo el de cianuros.

- No se considero el fierro en la industria de bebidas gaseosas y de la cerveza y de la malta. Otros parámetros que no se consideraron en esta última industria fueron: los sulfatos, los nitratos y los sulfuros, además, la irregularidad que pudiera haberse presentado al analizar el parámetro fósforo ya que no fue considerado en la NTE, en la Normatividad Oficial Mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 era un parámetro adicional al fijar condiciones particulares de descarga, en NOM-001-ECOL-1996 es requisito y en NOM-002-ECOL-1996 no se considera.

- Las industrias de bebidas gaseosas y conservas alimenticias casi no sufrieron cambios en la transición de Norma Técnica Ecológica a Norma Oficial Mexicana, aunque el parámetro grasas y aceites solidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno en ambos casos con el cambio a la Normatividad Oficial Mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 fue menos crítico.

#### 4.5.3 Industrias de materiales

Generalmente esas aguas residuales industriales son de intensos colores y es mucho más difícil su tratamiento biológico que el del drenaje doméstico. Los desperdicios provenientes de las industrias que usan madera como materia bruta tienen como los principales contaminantes carbohidratos, ligninas, se identifican también diversas azúcares y los ácidos más simples encontrados han sido fórmico, acético, butírico, oxálico, entre otros. Bajas concentraciones de alcoholes metílico y etílico, acetona, acetaldehído, formaldehído, terpeno han sido también encontradas en soluciones de sulfito usado concentrado.

La elaboración de papel a partir de celulosa virgen es el proceso en el cual se emplea más un 40% de fibra celulósica virgen. Esta última es aquella que no ha sido utilizada para la producción de papel.

Y la elaboración de papel a partir de fibra celulósica reciclada es el proceso en el cual se emplea más de un 60% de fibra celulósica secundaria. Esta es aquella que ha sido empleada para la elaboración de papel. En las aguas de las industrias de papel el almidón es la principal fuente de DBO.

Óxidos de hierro se convierten en hierro permitiendo que el mineral reaccione con carbono (en la forma de coque), piedra caliza y aire dentro de un horno. El hierro fundido se toma de los altos hornos y se funde en lingotes denominados fundición negra o hierro colado. La mayor parte de este hierro se usa para elaborar aceros. Los aceros son aleaciones de hierro, que es hierro mezclado con pequeñas cantidades de carbono y otros metales, como manganeso, níquel, cromo, vanadio y tungsteno. El acero se elabora succionando la fundición negra y mezclándola con los metales de aleación. Su preparación se efectúa utilizando dispositivos denominados convertidores de Bessemer, hornos de hogar abierto u hornos de arco eléctrico. El acero se utiliza ampliamente en la fabricación de tuberías, conductores, vigas, rieles, hojas de acero y barras. La elaboración de una tonelada de acero requiere más de cuarenta mil galones de agua.

Importantes descargas de aguas residuales industriales provienen de la operación de fábricas de acero donde los principales componentes son, en la solución amoniacal no diluida: amoniaco total, fenoles, tiocianato, tiosulfato, cianuro, bases N (como piridina).

La composición de la solución amoniacal producida al obtener gas de hulla es similar al obtenido de la operación de la fábrica de acero pero más fuerte. Algunos 30 o más fenoles individuales y cerca de 20 piridinas y otros compuestos han sido identificados en ambos tipos de soluciones amoniacaes. Los baños limpiadores de metales de acero producen contaminantes como:  $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4$  pero poca materia orgánica.

La laminación es el proceso de manufactura mediante el cual se transforma el acero en la forma de barras de sección cuadrada de varios metros de largo llamadas palanquillas. El proceso de transformación se lleva a cabo en un horno. El proceso en sí consiste en deformar la masa metálica, en forma de palanquillas, haciéndola pasar entre dos cilindros. A estos se les entallan unos canales mediante el proceso de torneado. Los canales definen las etapas por las cuales atraviesa la palanquilla hasta alcanzar su forma final, posteriormente éstas son enfriadas en una mesa de enfriamiento ubicada al final de la línea de fabricación para después ser cortadas a la longitud requerida. Las aguas residuales provenientes de la laminación de metal no son más grandes en volumen pero son usualmente medianamente ácidas o alcalinas y la concentración de los metales puede ser bastante alta. Los metales que destacan por las altas concentraciones en las que se pueden encontrar son: cobre, cromo y níquel. La concentración de cianuro variara por ejemplo en las soluciones de laminado utilizado se descargan concentraciones mucho mayores que en otros casos.

El óxido de aluminio,  $Al_2O_3$ , se puede extraer de la bauxita. Para refinar el aluminio se emplea un proceso denominado electrólisis, en el que una corriente eléctrica convierte el ion aluminio en ión metálico. Todo el aluminio se elabora electrolíticamente mediante el proceso de Hall. El aluminio que se produce por este proceso se denomina aluminio primario, y contiene algunas impurezas que se pueden remover sometiéndolo a un segundo proceso electrolítico. En este segundo proceso, el aluminio impuro se convierte en una forma muy pura de aluminio. La producción de este metal mediante el proceso de Hall requiere grandes cantidades de electricidad y agua para el enfriamiento y lavado. Por tanto, las grandes plantas de aluminio casi siempre están ubicadas cerca de fuentes abundantes de agua en

regiones en donde se dispone con facilidad de electricidad proveniente de fuentes hidroeléctricas.

En los procesos de producción de vidrio se utilizan las siguientes materias primas: arena, carbonato de sodio denso, caliza, sulfato de sodio, óxido de hierro, dolomita y piritita. La materia prima para la elaboración de los artículos de vidrio soplado procede de material reciclable. La carga se transforma en un horno.

### Ventajas

- La industria del hierro y del acero siempre se les ha solicitado cianuros como parámetro adicional al fijar las condiciones particulares de descarga en NTE-CCA-013/88 y se considero parámetro con límite máximo permisible en la NOM-CCA-018-ECOL/1993, otra industria que presento cianuros fue la de componentes eléctricos y electrónicos.

- En la industria de los productos plásticos y polímeros sintéticos, de la celulosa y del papel, de la impregnación de productos de aserradero, de los asbestos textiles, materiales de fricción y selladores, elaboradora de papel a partir de celulosa virgen, elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada y de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio, no se consideraron los parámetros de metales pesados. El parámetro cianuro se considero como parámetro con límite máximo permisible hasta la publicación de la NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996.

- Aunque la industria del hule (NTE-CCA-012/88) se le solicito cromo total, a la de fabricación de asbestos de construcción (NTE-CCA-008/88) el fierro y el zinc, al publicarse las normas oficiales mexicanas NOM-CCA-008-ECOL/1993 y NOM-CCA-012-ECOL/1993 ya no fue así. La industria de productos de vidrio prensado y soplado NTE-CCA-011/88 primero se le solicito plomo como parámetro adicional al fijar condiciones particulares de descarga y posteriormente como

parámetro con límite máximo permisible en la NOM-CCA-011-ECOL/1993. De esta modo, la publicación la NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996 que contempla los metales pesados contribuye a limitar las descargas de las industrias de materiales.

### Desventajas

Las normatividades vigentes solo consideran al cianuro como sustancia tóxica específica por lo que se han descuidado algunas descargas. Por ejemplo:

- La industria de los plásticos sufrió varios cambios en cuanto a la norma que tenían que cumplir sobretodo en las sustancias tóxicas específicas donde la Norma Técnica Ecológica (NTE-CCA-05/88) y la Norma Oficial Mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 (NOM-CCA-002-ECOL/1993) se le solicitaban como parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga: poliamidas, resinas acrílicas, silicones y compuestos nitrogenados. La gran transición de la normatividad para este giro industrial se observo principalmente en la NTE-CCA-05/88 donde los compuestos fenólicos si se solicitaron como parámetro adicional al fijar las condiciones particulares de descarga y en la NOM-CCA-002-ECOL/1993 no, los derivados celulósicos no se solicitaron en la NTE-CCA-05/88 pero en la NOM-CCA-002-ECOL/1993 si, mientras que los fenoles se consideraron como parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga en la NTE-CCA-05/88 y en la NOM-CCA-002-ECOL/1993 se considero como parámetro con límite permisible.

- Aunque en la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones en la NTE-CCA-018/88 se le solicitaron como parámetros adicionales al fijar condiciones particulares de descarga: antraceno, benceno, cloroformo, cloruro de metileno, 2 6 dinitrotolueno, etilbenceno, naftaleno, tolueno, 1,1,1 tricloroetano y

triclorometano. en la NOM-CCA-018-ECOL/1993 no se le solicito ninguno.

- Durante la vigencia de las Normas Técnicas Mexicanas de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores (NTE-CCA-020/88), de la celulosa y del papel (NTE-CCA-015/88), del hierro y del acero (NTE-CCA-013/88) se les podía solicitar fenoles ,posteriormente con la publicación de las Normas Oficiales Mexicanas en las dos primeras ya no se solicito tal parámetro y la última se volvió un parámetro con limite máximo permisible.

#### 4.5.4 Industrias químicas y farmacéuticas

Una variedad extremadamente amplia de sustancias esta presente en las aguas residuales provenientes de la industria química; varios de las descargas, usualmente menores en volumen, son apreciadamente acidificadas o alcalinos, de colores intensos, sólidos suspendidos bajos, y a menudo contienen compuestos tóxicos. Las aguas residuales antibióticas (solución usada más lavados) son medianamente fuertes, con altos valores de DBO y contienen azucares en altas concentraciones y vitaminas, esteroides, y antibióticos en baja concentración. Otros desperdicios farmacéuticos, con altos valores de DQO, contienen ácido acético, metanol, xileno, cloruros y bromuros. La producción de resinas sintéticas producen desperdicios de medianamente altos de DBO, los principales constituyentes son formaldehído, metanol, y fenol. Existen altos valores de DBO en las aguas residuales provenientes de plantas de fertilizantes y pesticidas, también fenoles, entre otros. En la fabricación de pesticidas 2,4-D y DDT, los desperdicios contienen clorofenoles altamente tóxicos y clorohidrocarbonos.

Existen medidas específicas para el control de las aguas residuales en la industria petrolera debido al amplio número de

procesos y de servicios que se llevan a cabo para enfriamiento, generación de vapor y de servicio en general, demandan importante volumen de aguas de abastecimiento o de fuentes superficiales subterráneas, y en la misma medida, en general, aguas residuales; estos efluentes, de acuerdo a sus características son manejados a través de redes de drenaje segregados, tales como aceitoso, químico, sanitario y pluvial, hasta los sistemas de tratamiento.

Para una mejor planeación del uso de los recursos de agua en el control de su contaminación, se dedica especial atención al objetivo de minimizar en lo posible las fuentes potenciales de contaminantes, mejorando o modificando el diseño de las instalaciones de proceso y la selección de equipos.

En Petróleos Mexicanos las aguas residuales que se generan reciben diferentes tratamientos, en función del tipo de proceso de donde provienen y de los contaminantes que contienen. Tratamientos que van desde los más simples, donde por procedimientos físicos y químicos se eliminan los contaminantes hasta los más complejos, del tipo biológico y en los cuales se tratan compuestos de difícil degradación.

Las aguas residuales industriales provenientes de refinerías contienen fenoles, hidrocarburos (benceno, ciclohexano, etc.), alcoholes, éteres, cetonas y, provenientes de algunas refinerías, disulfuro de carbono, acrilonitrilo, oxido de etileno, oxido de propileno, y ácidos naftenicos y sulfonicos.

En galvanoplastia se aplican procesos electroquímicos para dar una capa protectora contra la corrosión, aumentar la resistencia mecánica y también con fines decorativos para partes metálicas y plásticas. Con metales como: cromo, cobre, níquel, zinc, plata y oro, se pueden proteger las superficies de partes que son utilizadas en la industria automotriz, de electrodomésticos, hospitalaria, joyería,

plomera, máquinas de oficina, electrónicas, etc. La industria de galvanoplastia utiliza una serie de materias primas que aportan al ambiente, contaminantes tóxicos como cianuro, cromo hexavalente, cobre, níquel, zinc, ácidos, bases en forma de vapores y líquidos. El predominio, de medianas y, especialmente, pequeñas empresas, explica que la galvanoplastia sea un sector industrial vulnerable en los aspectos económico, organizacional, financiero, administrativo, tecnológico y ambiental. La galvanoplastia es una industria de alto impacto ambiental por su elevada toxicidad y peligrosidad.

En los servicios de recubrimientos y pulimentos metálicos se realizan acabados en: cromado, cromado negro, cobreado, niquelado, estañado, plateado, dorado, latonado, iridiados, zincados, pulidos, bombos, estaño-plomo, anodizados. Se realizan cromados de piezas para el sector automotriz, aplicaciones para la electrónica, seguridad, decoración, mobiliario y aviónica. Algunas empresas centran sus actividades en la forja, la extrusión y la mecanización de piezas para la industria del automóvil, maquinaria para obras públicas, maquinaria agrícola y maquinaria en general. Los productos de la forja ligera son: piezas forjadas, mallas, bielas, manguetas, brazos de suspensión, engranajes, cubos, rótulas, etc. En la forja pesada son: productos: cigüeñales, ejes delanteros, articulaciones, coronas de diferencial, etc. Productos mecanizados: mangones para ejes para camiones, remolques y tractores. Y el equipamiento en: tratamientos térmicos convencionales (normalizado, temple, revenido, recocido y enfriamiento controlado en aceros microaleados, etc.) y tratamiento térmico directo (Ausforging) y enfriamiento controlado en aceros microaleados. Se pueden encontrar las siguientes familias de productos: metálicos (pomos de latón, pomos y tiradores en acero inoxidable, tiradores en acero, y combinaciones de metal con complementos de madera, etc.), maderas: pomos y tiradores en

madera de haya, pino y roble disponibles sin barnizar, con barniz transparente, nogal, cerezo y peral también existen productos de madera con complementos metálicos). porcelana (pomos de porcelana blanca y beige disponibles en cristal transparente, mate y en colores) y poliéster (pomos y tiradores en resina de polyester disponibles en una amplia variedad de colores lisos y mosaicos).

Considerando el curtido, los diferentes acabados de la industria del calzado son: anilina abrillantado, semianilina, anilina/abrillantado, pulible, grabado y bombeado, batanado/pulido/contrastado, pigmentado, anilina y laminado y anilina pulido. - Las aguas residuales provenientes de las curtidurías son usualmente de intensos colores y alcalinas y contienen pelo, partículas de carne y algunas veces cromo y arsénico.

Para efectos de las normas se asumen las definiciones que se mencionan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas:

- Aguas residuales de la industria de la galvanoplastia. Las que provienen de la actividad de transformación metálica, que consiste en depositar a través de procesos electrolíticos, una capa metálica sobre la superficie de alguna pieza sólida.
- Aguas residuales de la industria de componentes eléctricos y electrónicos. Las que provienen de las actividades de todo componente, artículo o ensamble que produzca corriente eléctrica en cualquiera de sus formas y/o la utilice para su funcionamiento.
- Aguas residuales de la industria farmacéutica. Son las que provienen de las actividades de elaboración de productos, que contienen uno o varios principios activos, adicionados o no de excipientes que se

presentan en forma definida (tabletas, cápsulas, etc.), que se definen como medicamentos y cuya producción implica procesos físicos.

- Aguas residuales de la industria farmoquímica. Son las que provienen de la elaboración de principios activos utilizados en la fabricación de medicamentos. La producción de estos implica generalmente transformaciones y/o procesos químicos, y/o biológicos.

#### Ventajas

- Las normas de la industria de la galvanoplastia, la industria farmacéutica y farmoquímica siempre han tomado en cuenta el cianuro como parámetro con límite máximo permisible de sustancias tóxicas específicas. También ha sido considerado en la industria de químicos inorgánicos, pero a diferencia de las industrias antes mencionadas, primero fue considerado parámetro adicional al fijar condiciones particulares de descarga.

- Se considero tanto en la normatividad técnica ecológica vigente del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993 como en la normatividad oficial mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 que en las centrales termoeléctricas convencionales estuvieran ausentes los bifenilos policlorados y que la industria del petróleo tuviera a los fenoles como parámetro con límite máximo permisible. En los dos casos al publicarse la NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996 estos parámetros fueron omitidos y se considero sólo al cianuro.

- Al contemplar las sustancias tóxicas específicas en la normatividad vigente del 7 de junio de 1988 al 18 de octubre de 1993 y la normatividad mexicana oficial vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 en la industria del curtido y acabado en pieles, de jabones y de detergentes, de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio y de

fertilizantes fosfatados, fosfato, polifosfatos, ácido fosfórico y productos químicos inorgánicos fosfatados (exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda) no se considero ni un sólo parámetro. Sin embargo con la publicación de NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996 al menos se consideran las cianuros.

- Al analizar la normatividad ecológica y el petróleo en México, podemos decir que existe un tipo de regulación mixta, es decir, han tenido tanto normas autorregulatorias, como las que le ha impuesto sobre todo en los últimos años el sector público.

Del periodo de autorregulación han surgido varios programas: PEMEX cuenta con el equipo necesario en materia de anticontaminación, esto ha sido posible por otro tipo de regulación que a nivel ambiental tiene una importancia especial, que es la regulación que impone la misma industria petrolera a nivel internacional para el cumplimiento de prototipos y estándares industriales.

Con esto podemos resumir que la industria petrolera se alimenta de tres tipos de regulaciones, que tienen diversa fuente de emisión: la nacional; la internacional: con dos modalidades la de la propia industria y la que surge de la legislación internacional de la propia industria atendiendo a sus propios programas de expansión y desarrollo.

**ESTE TEXTO NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

#### 4.5.5 Industria textil

Los principales constituyentes de las descargas de aguas residuales de las industrias textiles en actividades como teñido y acabado son: detergentes, materia colorante, hidróxido de sodio, cloruro, sulfato, y silicato. En esta industria se usan: ácido acético glacial, bisulfito de sodio líquido, carbonato de sodio, celite,

hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, metabisulfito de sodio, perlita expandida, permanganato de potasio, peroxido de hidrogeno 35%-50%, sosa caustica liquida, sulfato de sodio, abrillantador optico, agentes suspendedores, colorantes, desengomantes, desmanchador, detergentes, dispersantes, fijador de color, nivelador de pH, enzimas ácidas, enzimas hibridas, enzimas neutras, lubricantes, surfactantes, anti-cloro, suavizates, jabones concentrados y humectantes.

Los desperdicios provenientes del socavado, acabados y tinte de la lana, son usualmente coloidales, contienen concentraciones altas de grasa y jabón. El enriamiento del lino produce desperdicios que contienen ácido fórmico, ácido acético, ácido propionico, y ácido butírico, además de algunos ácidos no identificados, mientras los constituyentes más importantes de las aguas residuales industriales provenientes de la industria viscosa son el ácido sulfúrico, el sulfato de sodio, y sulfuro de hidrogeno.

#### Ventajas

- Conforme a los contaminantes característicos de las descargas de aguas residuales siempre se ha considerado pH, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos y demanda bioquímica de oxígeno. El parámetro grasas y aceites se empezó considerar en la norma oficial mexicana vigente del 19 de octubre de 1993 al 6 de enero de 1997 (NOM-CCA-014-ECOL/1993). En ese periodo tanto el cobre como el cromo se consideraron parámetros adicionales. Y con la publicación de NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996 se pueden considerar el arsénico, cadmio, cobre, cromo hexavalente (sólo en NOM-002-ECOL-1996 y cromo total (sólo en NOM-001-ECOL-1996), mercurio, níquel, plomo y zinc.

## Desventajas

- En sustancias tóxicas específicas los fenoles se consideraron como parámetros adicionales al fijar las condiciones de descarga, en la NOM-CCA-014-ECOL/1993 si se consideró, y en NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996 fue suplantado por cianuros. Los sulfuros sólo se tomaron en cuenta en la NOM-CCA-014-ECOL/1993. El nitrógeno total y el fosfato total sólo se contemplaron en la NOM-001-ECOL-1996. Nunca se consideraron los sulfitos (sustancias que se ocupan para el proceso de blanqueo de la lana y seda) y los sulfatos. Tampoco el estaño utilizado en la industria de la seda.

#### 4.6 Panorama del agua en México

La contaminación y la insuficiente infraestructura hidráulica se han reflejado en la forma de vida de los ciudadanos. Por esta razón, la siguiente información tiene como propósito presentar los problemas existentes y sus consecuencias.

##### 4.6.1 Distribución y aprovechamiento del agua en México

Con relación a la cantidad total de agua que anualmente el país recibe en forma de lluvia y la manera como ésta se distribuye durante todo el año entre los diferentes sectores: industria, agricultura, acuicultura, suministro público y otros, el sector del gobierno como el sector industrial coinciden en admitir que la administración pública del recurso agua necesita ampliar la infraestructura hidráulica. Esta ampliación mejoraría la calidad de los servicios de suministro, elevaría los niveles de accesibilidad de la población, y contribuiría a disminuir las epidemias de enfermedades infecciosas. Todo ello teniendo en cuenta que el 25% de la población está concentrada en tres ciudades y el 75% restante se distribuye en más de 200 mil localidades.

En 1990 el Centro General de Población y Vivienda mostró que la insuficiencia del servicio de agua potable fue de un 18.2% y el drenaje y alcantarillado de 28.9%. Afectando 325 mil viviendas para el primer caso y 489 mil para el segundo. Igualmente en este censo se dio a conocer que la cobertura del servicio de agua potable era del 80% en las zonas urbanas y del 65% en el medio rural, mientras que el alcantarillado beneficiaba a un 70% de la población urbana y un 21% de las zonas rurales.

La actividad que más agua consume es la agricultura con un 83% del total. El 12% se destina al abastecimiento de la población a través de redes públicas. Las industrias utilizan un 3% y actividades como la acuicultura emplean sólo el 2% del agua.

El estado de contaminación tiene diferentes causas. Una de ellas es el vertimiento de aguas residuales municipales sin tratar de uso doméstico, sanitario y público, hacia ríos, lagos, lagunas y aguas costeras. Estos vertimientos provienen principalmente de regiones donde se encuentran ciudades importantes y densamente pobladas caracterizadas por un crecimiento urbano constante. En estas ciudades la capacidad de plantas de tratamiento instaladas no alcanzan a tratar la totalidad de las aguas, asimismo hay casos los que no todas las plantas se encuentran funcionando.

Se podría resumir en los siguientes puntos las razones por las que México no cuenta con una buena calidad y abastecimiento del agua:

Rezago en la dotación de los servicios de agua potable y alcantarillado que abastecen principalmente a las zonas rurales.

Incremento de la demanda por el crecimiento poblacional en los principales centro Urbanos.

Falta de plantas de tratamientos, equipos de control o instalaciones de tecnología más limpia en la mayoría de microempresas y pequeños establecimientos.

Altos costos de extracción y conducción del agua potable y de las obras de drenaje y alcantarillado.

Deficiencias en los sistemas de financiamiento y operación de los servicios.

El sector agropecuario por su parte también aporta su porcentaje representado por los afluentes de instalaciones dedicados a la cría de ganado, lavado de legumbres, y el retorno de aguas a los campos agrícolas.

## 4.6.2 Extracción y usos del agua en México

### 4.6.2.1 Pérdidas y Desperdicios del líquido en la agricultura

México se considera como uno de los primeros países del mundo con necesidad de irrigar las áreas de cultivo. Los suelos para el uso agrícola están representados aproximadamente en 20 millones de hectáreas de las cuales 6.2 millones son de riego. Los principales cultivos irrigados son el maíz, el sorgo y la soya. La agricultura por irrigación contribuye el 55% de la producción nacional y el 70% de la agricultura de exportación.

Con respecto al uso adecuado del agua para riego, los informes oficiales cuentan de las grandes pérdidas del líquido durante el proceso de extracción: un 35% se desperdicia por evaporación o por fallas durante la conducción; igualmente hay desperdicios y falta de un buen aprovechamiento en los casos donde se emplea el riego por inundación sin control, lo que además ocasiona salinización en los suelos.

El bajo costo de las cuotas por servicio de riego es considerada como otra de las causas que facilitan el desperdicio. Igualmente los problemas financieros para rehabilitar, mantener y operar la infraestructura requerida en los distritos de riego, y modernizar los sistemas de irrigación, hacen que se dificulten aún más el buen aprovechamiento del valioso recurso.

### 4.6.2.2 Falta de equipos de tratamiento en la industria

El uso o aprovechamiento de agua en el sector industrial está caracterizado por un alto nivel de consumo y un bajo nivel de reuso o tratamiento del líquido, lo que genera altos niveles de contaminación y presión sobre la disponibilidad del agua. El 97% de las empresas son micro y pequeños establecimientos con falta de recursos para la

instalación de plantas de tratamiento, equipos de control y equipos de tecnología más limpia, de allí que con el mejoramiento de la calidad del agua por este sector se puede clasificar como poco eficiente.

El 75% del suministro de agua para el uso industrial proviene del agua subterránea y el 25% de fuentes superficiales. Un 35% de este volumen se utiliza como materia prima o como medio de producción en los distintos procesos, por lo tanto la calidad es un factor importante para su uso. (En 1994, estudios realizados por la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, indicaron que el 59% del agua superficial está contaminada por lo que resulta ser difícil el aprovechamiento del recurso para la industria).

Las industrias incluidas para esta utilización no incluye a las termoeléctricas ni a las industrias que se surten de las redes de agua potable y que vierten sus descargas en la red de alcantarillado urbano o municipal. Las industrias con más presión en los recursos de agua son: la industria del azúcar, las químicas y petroquímicas, las petroleras, las de pulpa de papel, las de alimentos y bebidas y las de los metales básicos.

#### 4.6.2.3 Uso doméstico

Se estima que la extracción total del agua para este uso es de 8.5 kilómetros cúbicos al año. De acuerdo con los informes del Instituto Nacional de Estadística, INEGI, la infraestructura instalada tiene la capacidad para desinfectar el 95% del agua suministrada a la población y anualmente 2.2 kilómetros cúbicos pasan por algún proceso de potabilización a través de 356 plantas distribuidas por todo el país. Sin embargo el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, CESPEDES, afirma que la calidad del agua esta lejos de ser buena ya que sólo el 10% de los sistemas de agua

sufren algún proceso de potabilización, entonces más del 30% de los habitantes consumen agua que no se ha desinfectado.

## **CESPEDES**

En 1995 la Comisión Nacional del Agua estimó que 15 millones de habitantes no tenían agua potable y 30 millones tampoco contaba con alcantarillado, ubicado al sector rural como el más afectado pues el 47% de su población no contaba con servicio de agua potable y el 79% carecía de alcantarillado.

### **4.6.2.4 Efectos en la Salud**

Descargas de uso doméstico y desperdicios industriales en las aguas superficiales hacen que se dificulte y sea más costoso encontrar fuentes de agua para tomar. Las aguas superficiales requieren de un gran tratamiento antes de ser usadas, de allí la gran incidencia de enfermedades gastrointestinales que afecta particularmente a la población pobre.

En 1996, el número de casos disminuyó dramáticamente gracias a los programas de desinfección con cloro. El programa de Agua Limpia puesto en marcha por el gobierno en 1991, se cuenta entre los esfuerzos para minimizar los niveles de contaminación y garantizar la calidad bacteriológica del agua utilizada para el consumo humano directo, así como para controlar los impactos de riego con aguas residuales en los cultivos. De acuerdo con los reportes, entre 1993 y 1994 el programa incrementó un 5.6% el suministro de agua desinfectada a través de equipos de cloradores y plantas potabilizadoras municipales.

A finales de 1993 la Comisión Nacional del Agua CNA, que lidera el programa de Agua Limpia, puso en marcha la segunda parte de este proyecto y en 1997 de acuerdo con los resultados, más de 17 mil 490

localidades disponían de agua con infraestructura de desinfección, beneficiando a 72.7 millones de habitantes aproximadamente. El número de hectáreas irrigadas con aguas residuales sin tratamiento, de acuerdo con el programa, descendió de más de 24 mil a 180 hectáreas.

## Conclusiones

Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, además de permitir a la autoridad el establecer límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a diferentes medios, y condiciones para su verificación, desempeñan un papel fundamental en la generación de una atmósfera de certidumbre jurídica y una no menos importante función de promover el cambio tecnológico.

La Normalización Ambiental Industrial publicada desde 1997 se presenta como un compromiso en tres planos fundamentales de la gestión pública.

En primer lugar, expresa, objetivos y propósitos claros de política, que surgen de una experiencia larga de regulación industrial y de una nueva relación convergente entre la industria organizada y la autoridad ambiental.

En segundo término, esta intenta ofrecer un horizonte de certidumbre a la actividad productiva, sobre los proyectos e intenciones de regulación normativa para los próximos años. Con ello, las empresas podrán planear inversiones e iniciativas através de un proceso adaptativo a mediano plazo.

Por último, es importante señalar que esta normatividad ambiental se integra en un plano de mayor generalidad a otros instrumentos de política, como lo son la regulación directa, los incentivos fiscales, los sistemas de información y las auditorías, entre otros, para configurar una Nueva Política Ambiental para la Industria Mexicana.

Desde la publicación de la NOM-001-ECOL-1996 la normatividad de aguas residuales presentó un esquema que logró corregir las deficiencias presentadas por las normas anteriores a ellas y apuntó hacia las nuevas tendencias en materia normativa de descargas de aguas residuales, sus principales características son las siguientes:

Controlan a la totalidad de los agentes productivos que descargan un cuerpo específico bajo los mismos parámetros.

Obligan a cumplir los mismos parámetros, independientemente de las condiciones de su descarga cruda.

Internalizan de manera diferenciada los costos ambientales asociados, exigiéndole menor esfuerzo a procesos relativamente limpios y más a los relativamente sucios, con lo que se distribuye de manera más equitativa el costo de evitar la contaminación.

Inducen una localización de empresas nuevas acorde con la capacidad de los cuerpos receptores para recibir las descargas.

Otorgan períodos de cumplimiento graduales, que permiten adoptar cambios en proceso en lugar de soluciones remediales para cumplir con los límites.

Limitan las descargas según las características, uso y capacidad de carga genérica definida para el cuerpo receptor.

Contemplan la posibilidad de hacerlas más exigentes si así se requiere, al establecerse un cambio de uso del cuerpo receptor.

Están inmersas en un esquema regulatorio más amplio, que contempla el uso de instrumentos económicos (en particular incentivos y castigos en la Ley Federal de Derechos, y sientan las bases para mercados regionales de tratamiento), de instrumentos de regulación directa específica (condiciones particulares de descarga) y de instancias de participación social de calidad del agua y los límites de descarga específicos.

Para superar las limitaciones y vacíos existentes es necesario revisar el marco normativo actual en varios sentidos, tanto para darle un mayor alcance como para corregir sesgos tecnológicos implícitos, con la finalidad de lograr una más eficiente protección del ambiente. Es posible señalar algunos lineamientos deseables para el desarrollo de normas ambientales para la industria:

Deben ser de observancia generalizada para un número relativamente grande de actores, procesos o actividades.

De ser posible deben ser aplicables a todos los agentes que contribuyen al problema.

Su aplicación debe ser gradual, para permitir un ajuste menos costoso.

El tiempo de aplicación debe ser lo más prolongado posible, para dar certeza a los agentes normados.

## Bibliografía

NTE-CCA-006/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de fabricación de harinas. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.

NTE-CCA-008/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.

NTE-CCA-010/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de las industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.

NTE-CCA-011/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.

NTE-CCA-012/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria hulera. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.

**NTE-CCA-018/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.**

**NTE-CCA-020/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores. Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1988.**

**NTE-CCA-001/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.**

**NTE-CCA-002/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria productora de azúcar de caña. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.**

**NTE-CCA-003/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de refinación de petróleo crudo, sus derivados y petroquímica básica. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.**

NTE-CCA-004/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-005/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de productos plásticos y polímeros sintéticos. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-007/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de la cerveza y de la malta. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-009/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-013/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria del hierro y del acero. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-014/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria textil. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-015/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de la celulosa y el papel. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-016/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de bebidas gaseosas. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-021/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-022/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de matanza de animales y empaclado de cárnicos. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 1988.

NTE-CCA-019/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero. Diario Oficial de la Federación, 6 de agosto de 1988.

NTE-CCA-017/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores, provenientes de la industria de acabados metálicos. Diario Oficial de la Federación, 19 de octubre de 1988.

NTE-CCA-023/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de industria de envasado de conservas alimenticias. Diario Oficial de la Federación, 19 de octubre de 1988.

NTE-CCA-025/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada. Diario Oficial de la Federación, 14 de diciembre de 1988.

NTE-CCA-027/90, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria del beneficio del café a cuerpos receptores. Diario Oficial de la Federación, 20 de febrero de 1991.

NTE-CCA-028/90, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado a cuerpos receptores. Diario Oficial de la Federación, 20 de febrero de 1991.

NTE-CCA-026/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, y las condiciones para las descargas de aguas residuales provenientes de restaurantes o de hoteles, a cuerpos receptores. Diario Oficial de la Federación, 20 de septiembre de 1991.

NTE-CCA-029/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales provenientes de hospitales a cuerpos receptores. Diario Oficial de la Federación, 20 de septiembre de 1991.

NTE-CCA-030/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de jabones y detergentes a cuerpos receptores. Diario Oficial de la Federación, 20 de septiembre de 1991.

NTE-CCA-031/91, que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal proveniente de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de

fotografía y tratamiento de aguas residuales. Diario Oficial de la Federación, 20 de septiembre de 1991.

NTE-CCA-024/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen. Diario Oficial de la Federación, de 14 diciembre de 1988.

NOM-063-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria vinícola. Diario Oficial de la Federación, 5 de enero de 1995

NOM-064-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la destilería. Diario Oficial de la Federación, 5 de enero de 1995.

NOM-065-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de pigmentos y colorantes. Diario Oficial de la Federación, 5 de enero de 1995.

NOM-066-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la galvanoplastia. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1995.

NOM-067-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1995.

NOM-068-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1995.

NOM-069-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos. Diario Oficial de la Federación, 9 de enero de 1995.

NOM-070-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados. Diario Oficial de la Federación, 9 de enero de 1995.

NOM-071-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos. Diario Oficial de la Federación, 11 de enero de 1995.

NOM-072-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de fertilizantes fosfatados,

fosfatos, polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda. Diario Oficial de la Federación, 11 de enero de 1995.

NOM-073-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica. Diario Oficial de la Federación, 11 de enero de 1995.

NOM-CCA-001-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-002-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria productora de azúcar de caña. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-003-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-004-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de

fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-005-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-006-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de harinas. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-007-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la cerveza y de la malta. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-008-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-009-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de leche

y sus derivados. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-010-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-011-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-012-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria hulera. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-013-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del hierro y del acero. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-014-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria textil. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-015-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la celulosa y el papel. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-016-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de bebidas gaseosas. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-017-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de acabados metálicos. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-018-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-019-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-CCA-020-ECOL/1993**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de asbestos textiles,

materiales de fricción y selladores. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-021-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-022-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de matanza de animales y empaçado de cárnicos. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-023-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de industria de envasado de conservas alimenticias. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-024-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-025-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel

a partir de fibra celulósica reciclada. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-026-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de restaurantes o de hoteles. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-027-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del beneficio del café. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-028-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-029-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de hospitales. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-CCA-030-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de jabones y detergentes. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**NOM-031-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. Diario Oficial de la Federación, 14 de octubre de 1993.**

**NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación. 6 de enero de 1997.**

**NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Diario Oficial de la Federación, 3 de junio de 1998.**

**LETAYF, Seguridad, Higiene y control ambiental, McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., México, 1996.**